

Herstel broekbossen

J. Runhaar
E.C.H.E.T. Lucassen
A.J.P. Smolders
R.C.M. Verdonschot
P.W.F.M. Hommel



© 2013 Directie Agrokennis, Ministerie van Economische Zaken

Rapport nr. 2013/OBN169-BE
Den Haag, 2013

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het Ministerie van Economische Zaken.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Bosschap onder vermelding van code 2013/OBN169-BE en het aantal exemplaren.

Foto voorkant Elzenbroekbos (De Kromhurken) in beekdal van de Keersop
Fotograaf: Ralf Verdonschot

Oplage 130 exemplaren

Samenstelling J. Runhaar, KWR
E.C.H.E.T. Lucassen, B-Ware
A.J.P. Smolders, B-Ware
R.C.M. Verdonschot, WUR
P.W.F.M. Hommel, WUR

Druk Ministerie van EZ, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij

Productie Bosschap, bedrijfsschap voor bos en natuur
Bezoekadres : Princenhof Park 9, Driebergen
Postadres : Postbus 65, 3970 AB Driebergen
Telefoon : 030 693 01 30
Fax : 030 693 36 21
E-mail : algemeen@bosschap.nl

Voorwoord

Het doel van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (O+BN) is het ontwikkelen, verspreiden en benutten van kennis voor terreinbeheerders over natuurherstel, Natura 2000, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

In het kader van Natura 2000 worden in Europees perspectief zeldzame soorten en zeldzame vegetatietypen in Nederland beschermd. De vochtige alluviale bossen (H91E0_C), ook wel de beekbegeleidende bossen genoemd, hebben een wijde verspreiding in ons land maar zijn meestal verdroogd en omvatten een geringe oppervlakte. Goed ontwikkelde beekbegeleidende elzenbroekbossen zijn tegenwoordig zeldzaam geworden.

In het algemeen valt het de onderzoekers op dat er bij natuurontwikkeling slechts weinig wordt gedacht aan de ontwikkeling van broekbossen, ondanks het grote belang dat vanuit Europese natuurbescherming wordt toegekend aan vochtige alluviale bossen. Over het merendeel van de oppervlakte natuurontwikkeling wordt gestreefd naar ontwikkeling van korte vegetaties, maar gezien de beheerkosten van korte vegetaties is het de vraag in hoeverre deze eenzijdige nadruk op korte vegetaties reëel is.

Dit rapport heeft tot doel het bijeenbrengen van kennis over het herstel en de ontwikkeling van broekbossen, het aangeven van hiaten in die kennis, en het doen van aanbevelingen voor verder onderzoek. Eén van de kennishiaten die wordt besproken is de overstroming met oppervlaktewater van broekbossen, en in hoeverre de ontwikkeling van soortenrijke broekbossen valt te combineren met waterberging. Een ander kennishiaat betreft de fauna van broekbossen. Deze blijkt in Nederland nog nauwelijks onderzocht.

In hoofdstuk 8 vindt u de conclusies en aanbevelingen waarin u onder andere een actueel overzicht vindt van de kennis over broekbossen.

Ik wens u veel leesplezier.

Drs. E.H.T.M. Nijpels
Voorzitter Bosschap

English summary

Wet mesotrophic forests dominated by Black alder (*Alnus glutinosa*) and Downy birch (*Betula pubescens*) are characteristic for brook valleys and depressions in the higher sandy parts of the Netherlands, and for fen areas in adjacent peatland areas. In brook valleys, alluvial forests form an important part of the H91E0 habitat type (Wet alluvial forests) subtype C. More than half of the alluvial forests in the Netherlands are included in the Natura 2000 network, partly because of the priority status of the wet alluvial forests. In total, 31 Natura 2000 areas have been designated as special protection area for habitat subtype H91E0C. Land cultivation and increased drainage have led to a decrease in area and species diversity of these forests. In a previous OBN publication on ecology and management of wet forests (Poels et al. 2000) the main focus was on restoration of hydrologically degraded wet forest. Since then, new developments in nature- and water management have led to new questions. The use of small river valleys for water retention has led to questions about the tolerance of mesotrophic wet forests for flooding. And the development of new nature areas on former agricultural lands raised the question whether, and how, species-rich mesotrophic forests can be developed on nutrient-rich soils. In this report we describe what knowledge is available that can be used to answer these questions, and how remaining gaps in our knowledge can be filled in by empirical research. Furthermore, we evaluated the experiments with rewetting of degraded mesotrophic forests that have been performed since the publication by Poels et al.. Last, but not least, we did a literature survey on the importance of wet mesotrophic forests for fauna species. Present publications on ecology and management of wet forests in the Netherlands give hardly any information on the species composition of the fauna. Measures aimed at increasing the species diversity of the vegetation do not necessarily lead to an increase in diversity of the fauna. Therefore, we need to know which fauna species are characteristic for wet forests, and what measures are needed to restore the fauna diversity in degraded forests. The literature survey is mainly based on international publications, as there are very few Dutch publications on the fauna of wet mesotrophic forests.

Samenvatting

Het voorliggende rapport bevat de resultaten van het OBN-project 'Herstel Broekbossen'. Broekbossen vormen een belangrijk onderdeel van het habiatttype H19E0, Vochtige alluviale bossen, en behoud en ontwikkeling van broekbossen vormt dan ook een belangrijk doel in het Nederlandse natuurbeleid. Doel van het project was het bijeenbrengen van kennis over het herstel en de ontwikkeling van broekbossen, het aangeven van hiaten in die kennis, en het doen van aanbevelingen voor verder onderzoek. Het rapport vormt een aanvulling op het oude preadvies Natte Bossen uit 2000, dat zich vooral richtte op de verdroging en vernatting van broekbossen. Sindsdien hebben zich een aantal ontwikkelingen voorgedaan in water- en natuurbeheer die vragen om een actualisering van de in het preadvies verzamelde kennis. Gedacht kan worden aan de inzet van beekdalen en aangrenzende laagveengebieden voor waterberging, en de ontwikkeling van nieuwe natuur op voormalige landbouwgronden. Deze nieuwe ontwikkelingen hebben geleid tot vragen op het gebied van waterdynamiek en nutriëntenkringlopen. In het rapport is aangegeven wat er bekend is over de effecten van overstroming met beekwater in broekbossen, en over de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden. Ook is aangegeven welke vragen resteren, en hoe deze vragen het beste kunnen worden beantwoord door onderzoek.

Op basis van bestaande kennis is het moeilijk om effecten van overstroming en van natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden vooraf goed in te schatten. Daarvoor is te weinig bekend over de omvang van de nutriëntenkringloop en de aard van de nutriëntenbeperking in natuurlijke en gedegradeerde broekbossen. Op basis van vergelijkend onderzoek zou hierover meer duidelijkheid moeten komen. In het rapport wordt ook ingegaan op de resultaten van vernattingsexperimenten in natte broekbossen die zijn uitgevoerd na het uitkomen van preadvies Natte Bossen. Uit die experimenten blijkt dat het vasthouden van water en de bevoeiing met oppervlaktewater kunnen leiden tot ongewenste eutrofiëringsverschijnselen, en dat herstel van kwelcondities de beste garanties geeft op een succesvol herstel.

Als onderdeel van het project is ook een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de fauna in broekbossen, een aspect waaraan tot nu toe nauwelijks of geen aandacht is besteed. Ten onrechte, zoals het onderzoek laat zien, want broekbossen zijn rijk aan soorten, mede dank zij de grote variatie aan habitats binnen een goed ontwikkeld broekbos. Het waterregime speelt een belangrijke rol in de overlevingsstrategieën van de verschillende organismengroepen. Daarbij vormt voor aquatische soorten droogval in de zomer een kritische factor, en voor terrestrische soorten overstroming in de winter. Het literatuuronderzoek is bij gebrek aan Nederlands onderzoek vooral gebaseerd op buitenlandse literatuur. Een aanbeveling is ook in Nederland gegevens te verzamelen over de faunasamenstelling van broekbossen, zodat beter bekend wordt welke soorten hier voorkomen, en hoe met deze soorten rekening kan worden gehouden in het beheer.

Tenslotte is in het project ook een inventarisatie uitgevoerd bij waterschappen en terreinbeheerders, om te zien welke vragen zij hebben ten aanzien van overstroming en de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden. Uit de inventarisatie blijkt dat vooral in het zuiden van Nederland waterberging relatief vaak plaats vindt in beekdalen waarin ook broekbossen voorkomen. In de meeste gevallen gaat het om broekbossen die in meerdere of minder mate verdroogd zijn. Dat maakt het moeilijk om te bepalen of de verruiging met Brandnetel, die vaak wordt genoemd, het gevolg is van verdroging en/of van overstroming met voedselrijk oppervlaktewater. In Noord-Nederland heeft waterberging een grootschaliger karakter en is vooral gepland in de benedenstroomse delen van beekdalen en in de aangrenzende laagveengebieden. Daarbij wordt gestreefd naar het behoud van een open landschap door middel van extensieve begrazing. Of dat overal zal lukken is de vraag. In het algemeen valt op dat er bij natuurontwikkeling slechts weinig wordt gedacht aan de ontwikkeling van broekbossen, ondanks de het grote belang dat vanuit Europese natuurbescherming wordt toegekend aan vochtige alluviale bossen.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Vraagstelling	9
1.3	Methode	9
1.4	Afbakening onderzoek	10
1.5	Opzet rapport	10
2	Sleutelfactoren in broekbossen	12
2.1	Inleiding	12
2.2	Vegetatiesamenstelling	12
2.2.1	Korte karakteristiek	12
2.2.2	Indeling in hoofdgroepen	14
2.2.3	Broekbostypen in beekdalen	15
2.2.4	Broekbostypen in laagveengebieden	19
2.2.5	Broekbossen van de kleigebieden	21
2.3	Overige organismegroepen	23
2.4	Waterregime en basenhuishouding	24
2.5	Nutriëntenhuishouding	27
2.6	Bodem	28
2.7	Structuur	29
2.8	Ruimtelijke samenhang	30
2.9	Beheer	31
3	Fauna van broekbossen	34
3.1	Inleiding	34
3.2	Sturende factoren	36
3.2.1	Hydrologisch regime	36
3.2.2	Microklimaat	40
3.2.3	Samenstelling en beschikbaarheid organisch materiaal	41
3.3	Karakteristieke fauna	41
3.3.1	Fauna van de niet met water verzadigde bosbodem	42
3.3.2	Fauna van de met water verzadigde bosbodem	46
3.3.3	Aquatische fauna	47
3.3.4	Fauna van de kruiden, struiken en bomen in het broekbos	49
3.3.5	Overige fauna	49
3.4	Conclusies, discussie	50
3.5	Kennishiaten	51

4	Verdroging en vernatting en rol van redoxprocessen daarin	52
4.1	Inleiding	52
4.2	Redox processen	53
4.3	Ervaringen met vernatting van broekbossen	60
4.4	Conclusies	65
5	Effecten van overstroming op standplaatscondities en vegetatie	66
5.1	Inleiding	66
5.2	Zuurstofhuishouding	67
5.3	Nutriëntenhuishouding	69
5.4	Zuurbuffering	71
5.5	Effecten op de vegetatiesamenstelling	72
5.6	Effecten van overstroming en inundatie op fauna	72
5.7	Kennishiaten	75
6	Herontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden in beekdalen	77
6.1	Inleiding	77
6.2	Afwijkende condities landbouwgronden	77
6.3	Potenties voor ontwikkeling broekbossen op basis bodem en hydrologie	78
6.4	knelpunten voor herstel standplaatscondities en vegetatie	83
6.5	Alternatieve ontwikkelingen	85
7	Beleidsvaluatie en inventarisatie broekbossen	86
7.1	Doel onderzoek en methode	86
7.2	Conclusies uit de interviews	87
8	Conclusies en aanbevelingen	89
	Literatuur	93
	Bijlage 1 Overzicht van loopkevers in elzenbroekbossen	105
	Bijlage 2 Overzicht van de spinnen in elzenbroekbossen	106
	Bijlage 3 Wormen in een Duits elzenbroekbos	111
	Bijlage 4 Waterkevers waargenomen in elzenbroekbossen	112
	Bijlage 5 Overzicht geconstateerde kennishiaten	114
	Bijlage 6 Toelichting en vragenlijst gebruikt bij interviews waterschappen	116
	Bijlage 7 Verslag inventarisatie Waterschap De Dommel	118
	Bijlage 8 Verslag inventarisatie Drenthe	121
	Bijlage 9 Verslag inventarisatie Regge & Dinkel	123

Bijlage 10 Inventarisatie Peel en Maasvallei	125
Bijlage 11 Inventarisatie Rijn en IJssel	131
Bijlage 12 Inventarisatie waterschap Veluwe	134

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) houdt zich bezig met natuurherstel, Natura 2000, inrichting en soortenbeleid. Daarnaast wordt daar waar mogelijk een koppeling gemaakt met andere maatschappelijke belangen zoals zeespiegelstijging, klimaatverandering en veiligheid. Essentieel voor OBN onderzoek is dat de onderzoeken resulteren in concrete herstelmaatregelen zodat terreinbeheerders de natuur kunnen herstellen en/of de natuur verder kan worden ontwikkeld.

Broekbossen maken in beekdalen een belangrijk deel uit van het habitattype H91E0 (Vochtige alluviale bossen) subtype C (beekbegeleidende bossen). Ruim de helft van de in Nederland voorkomende beekbegeleidende alluviale bossen is opgenomen in het Natura 2000-netwerk, mede vanwege de prioritaire status van de vochtige alluviale bossen. In totaal zijn 31 Natura 2000 gebieden aangewezen als speciale beschermingszone voor habitatsubtype H91E0C. In de meeste van die gebieden is het doel verbetering van de kwaliteit. Omdat verdroging een belangrijke oorzaak vormt voor de te lage kwaliteit, is kennis over herstelbeheer middels vernatting een belangrijke voorwaarde voor realisatie van deze doelstelling.

Een deel van deze kennis kunnen beheerders vinden in het boek 'Broekbossen' (Stortelder et al. 1998) en in het preadvies Natte Bossen (Poels et al. 2000). Deze publicaties zijn echter op een aantal punten onvolledig dan wel verouderd. In het preadvies Beekdalen (Aggenbach *et al.* 2009) worden een aantal punten genoemd waarop onze kennis ten aanzien van broekbossen nog tekort schiet.

In de eerste plaats heeft in het onderzoek naar broekbossen tot nu toe sterk de nadruk gelegen op de plantengroei. Er is daardoor weinig bekend over de faunasamenstelling van broekbossen, het belang van broekbossen voor de fauna, en over de eisen die diersoorten stellen aan waterhuishouding en beheer van broekbossen. De eisen die diersoorten stellen aan hun omgeving komen niet automatisch overeen met die van plantensoorten. Een goed inzicht in de samenstelling en het functioneren van diergemeenschappen is noodzakelijk voor een natuurbeheer gericht op behoud en vergroting van de biodiversiteit.

In het preadvies Natte Bossen lag de nadruk sterk op verdroging en de mogelijkheden om verdroogde bossen te herstellen door grondwaterpeilen te verhogen. Dat laatste onderdeel was echter bij gebrek aan ervaring maar zeer beperkt gebaseerd op empirische gegevens. Sinds het schrijven van het preadvies zijn de nodige ervaringen opgedaan met vernatting van broekbossen, die aanleiding vormen voor een nuancering dan wel aanvulling op de aanbevelingen uit het preadvies Natte Bossen.

Verder hebben zich een aantal nieuwe ontwikkelingen voorgedaan in het water- en natuurbeheer die maken dat aanvullende kennis nodig is. Eén van die ontwikkelingen is dat een omslag heeft plaatsgevonden in het denken over het waterbeheer. Conform het advies van de Commissie Waterbeheer 21e Eeuw wordt daarbij in de beekdalen niet langer gestreefd naar het zo snel mogelijk afvoeren van water. Er wordt gezocht naar mogelijkheden voor het bergen van water, met als doel wateroverlast in benedenstroomse gebieden te voorkomen. Dit biedt zowel kansen als risico's voor de natuur. Waar waterberging plaatsvindt door het verondiepen van beken en het toestaan van overstromingen, kan het mogelijk een waardevolle bijdrage leveren aan het herstel van landschapsvormende processen. Daarvoor moet echter wel bekend zijn onder welke voorwaarden waterberging en overstroming een gunstige bijdrage leveren aan natuurbehoud en -ontwikkeling. De afvoerdynamiek van onze huidige beken is door toegenomen afwatering van infiltratiegebieden en toename van het verharde oppervlak sterk veranderd ten opzichte van het verleden. Vraag is of het overstromingsregime dat ontstaat bij waterberging in beekdalen wel aansluit bij de overlevingstrategieën van voor beekdalen kenmerkende plant- en diersoorten. Daarnaast speelt ook de veranderde waterkwaliteit een belangrijke rol. De gehalten aan nutriënten in het beekwater zijn vaak hoog, en bij afvoerpieken kunnen opwerveling van sediment en riooloverstorten zorgen voor tijdelijk zeer hoge gehalten aan nutriënten, organische stof en zware metalen in het beekwater.

Ook heeft een beleidsverbreding plaatsgevonden, waardoor de vragen niet langer alleen gericht zijn op herstel van bestaande broekbossen, maar ook op de ontwikkeling van nieuwe broekbossen. Zowel in de beekdalen als in aangrenzende laagveen- en kleigebieden zijn in de afgelopen tientallen jaren grote arealen grond aangekocht voor de ontwikkeling van de beoogde Ecologische Hoofdstructuur, al dan niet in combinatie met waterberging. Het is niet realistisch te verwachten dat op al deze gronden beheerintensieve korte vegetaties zullen kunnen worden ontwikkeld. Daarvoor zijn de beheerkosten te hoog. Ook vanuit natuurdoelstellingen is het onwenselijk om in deze gebieden uitsluitend in te zetten op de ontwikkeling van korte vegetaties. In beekdalen vormen broekbossen in natuurlijke situaties een belangrijke component van de natuurlijke vegetatie die bovendien van groot belang is voor de fauna, zowel de terrestrische als aquatische. Dat roept de vraag op welke mogelijkheden er liggen voor de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden: Welke type bossen kunnen we hier op termijn verwachten, en aan welke condities moet worden voldaan bij de inrichting en het beheer om op redelijke termijn soortenrijke broekbossen te laten ontstaan.

Alle bovengenoemde ontwikkelingen vormden voldoende redenen om te komen tot een actualisatie van de kennis rond broekbossen. Daarbij is het resulterende rapport niet bedoeld als een vervanging van de eerder genoemde publicaties door Poels et al. en Stortelder et al., maar vooral als een aanvulling daarop.

1.2 Vraagstelling

Voor dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

A. In de vorm van een beknopte review op basis van bestaande literatuur (Nederlandse literatuur, maar ook relevante buitenlandse literatuur aangaande broekbossen) een helder beeld scheppen van kennis en kennislacunes omtrent broekbossen: wat weten we wel (abiotisch, flora, fauna) en wat weten we niet. Hierbij gaat het om milieuomstandigheden (historisch, verschillen tussen broekbostypen, verstoring en herstellingrepen en actueel). In feite gaat het om een actualisatie van het preadvies Natte bossen uit 2000 waarbij de kennis van de afgelopen 10 jaar (uit binnen en buitenland) wordt ingebracht en er specifieke aandacht is voor de fauna. Maar ook een korte evaluatie van beleid voor broekbosherstel ofwel: welke plannen liggen er in de beekdalen voor broekbosherstel vanuit Natura 2000, EHS, en verdrogingsbestrijding?

B. Onderzoeken onder welke omstandigheden herstel en ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden in beekdalen en aangrenzende landschapstypen (laagveen, rivieren, nat zand) mogelijk is.

C. Onderzoeken in hoeverre het herstel van overstromingsregimes in beekdalen kan bijdragen aan broekbosherstel, zowel in beekdalsystemen als in aangrenzende landschappen en welke eisen broekbossen stellen aan de wijze van inundatie.

In de volgende paragraaf wordt aangegeven hoe deze onderzoeksvragen verder zijn uitgewerkt.

1.3 Methode

Review bestaande kennis op basis literatuuronderzoek

Omdat al veel bekend is over de variatie in type broekbossen en de samenhang met bodem en grondwaterregime heeft het literatuuronderzoek zich vooral gericht op aspecten die in het voorgaande preadvies Natte bossen (Poels et al. 2000) nog niet of onvoldoende waren behandeld.

Aandacht is onder meer besteed aan processen die een rol spelen bij overstroming en bij de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden. Grondwaterregime, inundatieregime, aanvoer en afvoer van voedingsstoffen en interne omzettingsprocessen (o.a. redoxprocessen, accumulatie en afbraak organische stof) spelen daarbij een belangrijke rol. Ook is nagegaan welke ervaringen elders zijn opgedaan met de ontwikkeling van bossen op voormalige landbouwgronden.

Relatief veel aandacht is besteed aan de fauna van broekbossen. In het natuurbeheer is te lang vooral aandacht besteed aan standplaatscondities en vegetatie, en is te weinig rekening gehouden met de effecten van inrichting en beheer op de fauna (Bink et al. 1998). Voor zover onderzoek is gedaan naar effecten van ingrepen op de fauna beperkt zich dat vaak tot de bodemfauna, vanwege de belangrijke rol die bodemfauna speelt in de bodemontwikkeling. Binnen broekbossen speelt bodemfauna echter een ondergeschikte rol wegens de anaerobe omstandigheden in de bodem. Wat

broekbossen vooral interessant maakt is de afwisseling op korte afstand van aquatische en terrestrische milieus, als gevolg van het microreliëf en de ruimtelijke variatie in de waterhuishouding. Dit leidt tot een grote afwisseling in substraat en habitatstructuur, vochtgehalte en microklimaat op een kleine schaal, resulterend in een groot aantal potentiële microhabitats voor ongewervelden. Over de soortensamenstelling van de fauna van broekbossen en de afhankelijkheid van waterhuishouding en reliëf, en over de gevoeligheid van soorten voor overstroming, is weinig bekend.

Inventarisatie bij waterschappen en terreinbeheerders

Om meer inzicht te krijgen in het huidige en geplande water- en natuurbeheer, en de kansen en risico's die met zich meebrengen voor het behoud, herstel en de ontwikkeling van broekbossen, zijn een aantal interviews gehouden met ecologen werkzaam bij waterschappen. Daarbij zijn vragen gesteld over het beleid ten aanzien van waterberging en natuur, en de mate waarin daarbij rekening wordt gehouden met aanwezigheid van bestaande en geplande broekbossen. Ook is gevraagd in hoeverre er in het waterschap broekbossen voorkomen die regelmatig overstromen, en of er ervaringen zijn met aanleg van broekbossen op voormalige landbouwgebieden. Deze vragen zijn er mede op gericht om mogelijke interessante locaties voor vervolgonderzoek op het spoor te komen. Het beeld is gecompleteerd op basis van telefoongesprekken en mailuitwisseling met onder andere terreinbeheerders en onderzoekers.

1.4 Afbakening onderzoek

Voor de omgrenzing van broekbossen is in deze studie uitgegaan van de definitie in het preadvies natte bossen: 'vegetatie min of meer permanent onder invloed van grondwater, boomlaag gedomineerd door zwarte els en/of zachte berk'. Wat betreft het overzicht van sleutelfactoren in broekbossen en de effecten van overstroming heeft de studie zich beperkt tot broekbossen die in contact staan met grond- en oppervlaktewater. Er wordt dus niet ingegaan op eigenschappen en herstelmogelijkheden van door regenwater gevoede broekbossen (dopheiberkenbroek).

De nadruk in de studie heeft gelegen op broekbossen in de beekdalen en de aangrenzende klei- en laagveengebieden, omdat juist hier veel vragen spelen rond waterbeheer en natuurontwikkeling (zie par. 1.1).

1.5 Opzet rapport

In het volgende hoofdstuk wordt allereerst een algemene beschrijving gegeven van broekbossen. Ingegaan wordt op soortensamenstelling, structuur en abiotische condities. Het zijn onderwerpen die ook al zijn behandeld in het preadvies natte bossen, maar die in dit rapport zijn aangevuld op basis van meer recente informatie. In de daaropvolgende hoofdstukken wordt ingegaan op een drietal onderwerpen die in het preadvies natte bossen nog niet aan de orde waren gekomen, te weten de fauna van broekbossen (hoofdstuk 3), de effecten van overstroming op standplaatscondities, flora en fauna (hoofdstuk 5), en de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden (hoofdstuk 6). Ook wordt ingegaan op de ervaringen die zijn opgedaan met vernatting van broekbossen (hoofdstuk 4). Omdat bij zowel verdroging als vernatting redoxprocessen een belangrijke rol spelen wordt in hoofdstuk 4 ook ingegaan op de onderliggende redoxprocessen. In hoofdstuk 7 tenslotte worden de resultaten gepresenteerd

van een inventarisatie die is gehouden onder waterschappen en terreinbeheerders om na te gaan in hoeverre broekbossen te maken hebben met overstroming en welke plannen er bestaan voor ontwikkeling van nieuwe broekbossen.

2 Sleutelfactoren in broekbossen

2.1 Inleiding

In de volgende hoofdstukken wordt ingegaan op een aantal aspecten van broekbossen die in het preadvies *Natte Bossen* (Poels et al. 2000) nog niet, of slechts summier, waren behandeld. Om deze informatie goed te kunnen plaatsen is echter inzicht nodig in de samenstelling, het ruimtelijk voorkomen en het functioneren van broekbossen. Daarom wordt in dit hoofdstuk allereerst een overzicht gegeven van de vegetatiekundige variatie binnen broekbossen, en van de sleutelfactoren die bepalend zijn voor het functioneren van broekbossen en voor de variatie in soortensamenstelling. Daarbij is onder meer gebruik gemaakt van informatie uit het preadvies *Natte Bossen* en uit het boek 'Broekbossen', op een aantal punten aangevuld op basis van meer recente gegevens.

In de volgende paragraaf wordt allereerst vanuit vegetatiekundig perspectief een korte omschrijving gegeven van het begrip broekbos. Aangegeven wordt wat de belangrijkste overeenkomsten zijn tussen de verschillende bostypen die onder deze noemer worden samengenomen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen twee hoofdgroepen: elzen- en berkenbroekbossen. Per landschapstype wordt de variatie in soortensamenstelling van de ondergroei en de daarop gebaseerde indeling in bostypen (plantengemeenschappen) besproken. Daarbij ligt de nadruk op de broekbossen in de beekdalen en in het laagveengebied. De regenwatergevoede berkenbroekbossen, die voorkomen in hoogveengebieden en langs venranden, en de berkenbroekbossen in de duinen vallen buiten de scope van deze studie. De door Zwarte els gedomineerde natte bossen van de komgronden in het rivierengebied zijn strikt genomen geen echte broekbossen. Omdat deze bossen wel overeenkomsten met elzenbroekbos vertonen en zich in de toekomst wellicht ook daarnaar kunnen ontwikkelen, worden deze bossen wel kort besproken.

2.2 Vegetatiesamenstelling

2.2.1 Korte karakteristiek

De soortensamenstelling van broekbossen wijkt sterk af van die van bossen op andere groeiplaatsen. In vegetatiekundige indelingen worden ze dan ook in twee aparte klassen ondergebracht: de elzenbroekbossen van de beekdalen en de laagveenmoerassen, en de berkenbroekbossen die vooral te vinden zijn in hoogveengebieden en langs heidevennen. Tussen maar ook binnen deze hoofdgroepen is er sprake van grote verschillen in ondergroei. Er zijn echter ook een aantal gemeenschappelijke kenmerken. Deze zullen hieronder kort worden besproken.

Beperkt aantal boomsoorten

Een belangrijk kenmerk van alle broekbostypen is dat slechts een heel gering aantal boomsoorten onder de heersende, zeer natte omstandigheden kan groeien. Hierin lijken de broekbossen op de lagere delen van de uiterwaarden langs de grote rivieren ("zachthout-ooibos") waar ook maar een heel beperkt aantal boomsoorten tegen de extreme milieumomstandigheden is opgewassen. In de zachthoutooibossen zijn dit vooral smalbladige wilgensoorten. In de elzenbroekbossen daarentegen wordt de boomlaag volledig gedomineerd door Zwarte els, met enige bijmenging van Zachte berk. In de berkenbroekbossen is de situatie precies andersom: dominantie van Zachte berk, al dan niet met enige bijmenging van Zwarte els. Alleen in de overgangen naar andere bostypen, op droger en/of minder venig substraat kunnen andere boomsoorten een rol van betekenis gaan spelen. Op relatief basen- en voedselrijke gronden is dit de Gewone es, aan de voedselarme en zure kant van het ecologisch spectrum vooral Zomereik. Op gedraineerde beekvenen heeft in het verleden ook veel aanplant van populier plaatsgevonden, een teelt die in een hydrologisch ongestoord broekbosstelsel vrij kansloos is, maar in door begreppeling gedraineerde broekbossen de effecten van verdroging versterkt. De zeer geringe variatie in boomsoortensamenstelling in de broekbossen heeft tot gevolg dat er – anders dan in vrijwel alle bostypen van de drogere, minerale gronden – geen sprake is van boomsoort-gerelateerde variatie in de ondergroei.

Vrijwel geen bosplanten

Broekbossen moeten het in de meeste gevallen stellen zonder bosplanten, dat wil zeggen soorten die alleen voorkomen in bossen en niet of nauwelijks daarbuiten. Daarvoor in de plaats vinden wij in het broekbos vooral lichtminnende plantensoorten die het broekbos gemeenschappelijk heeft met korte vegetaties in het aangrenzend moeraslandschap. In het elzenbroek gaat het dan vooral om soorten van grote-zeggenvegetaties, dotterbloem-hooilanden en moerasruigten, in het berkenbroek om soorten van hoogveenbegroeiingen en natte heide. Anders dan veel bosplanten, die gekenmerkt worden door een zeer trage dispersiesnelheid, kunnen de meeste broekbossoorten zich vanuit het aangrenzend moeraslandschap relatief snel vestigen. Het gevolg hiervan is dat de soortensamenstelling en de soortenrijkdom van de ondergroei veel minder duidelijk gerelateerd is aan de ouderdom van het bos dan in de meeste andere bostypen van ons land het geval is. Ook in dit opzicht is er sprake van een opvallende overeenkomst met de zachthoutooibossen van het uiterwaardenlandschap.

De grote overlap in soortensamenstelling tussen broekbossen en moerasvegetaties maakt dat er weinig soorten zijn die specifiek gebonden zijn aan broekbossen. De meest opvallende uitzondering vormt de Elzenzegge, een vrij algemene soort die in zijn voorkomen evenwel vrijwel beperkt is tot de elzenbroekbossen van de beekdalen. Voor de berkenbroekbossen wordt alleen het zeldzame Gerafeld veenmos (*Sphagnum girgensohnii*) als kensoort opgegeven. De laagveen-elzenbroeken hebben in het geheel geen eigen "unieke" soorten.

Variatie aan milieutypen en microhabitats

Zoals hierboven aangegeven zijn de ouderdom van het bos, en de samenstelling van de boomlaag, slechts in beperkte mate van invloed op de samenstelling van broekbossen. De variatie in soortensamenstelling wordt dus vrijwel geheel bepaald door verschillen in het abiotisch milieu. Juist binnen de broekbossen is de interne variatie aan milieutypen vaak groot. In een goed ontwikkeld broekbos is de bosbodem namelijk opvallend reliëfrijk, met een afwisseling van natte poelen en kleine, relatief droge "eilanden" rond de boomvoeten (zie par. 2.6). De daarmee samenhangende afwisseling aan

microhabitats kan aanzienlijk bijdragen aan de soortenrijkdom van het bos. Zo groeit Waterviolier binnen de wereld van de broekbossen uitsluitend in poelen in natte beekdalen, terwijl Bosanemoon – een van de weinige oud-bossoorten die in de broekbossen kan worden aangetroffen – beperkt is tot de relatief droge zone rond boomvoeten in kwelrijke beekdalen.

2.2.2 Indeling in hoofdgroepen

Zoals hierboven al werd vermeld worden de elzen- en berkenbroekbossen in vegetatiekundige indelingen ondergebracht in twee aparte vegetatieklassen (het hoogste hiërarchische niveau). Dit geeft al aan dat de overeenkomsten in soortensamenstelling met andere bostypen gering zijn. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de landschappelijke positie van elzen- en berkenbroek en van de belangrijkste kenmerkende soorten. Uit de tabel blijkt dat elzenbroekbossen (vrijwel) beperkt zijn tot de beekdalen en de laagveengebieden. Berkenbroekbossen komen daarentegen vooral voor in hoogveengebieden en langs venranden maar dringen plaatselijk ook de wereld van het elzenbroek (beekdalen en laagveen) binnen.

Tabel 2.1: Voorkomen en belangrijkste soorten van de elzen- en berkenbroekbossen.

Table 2.1: Occurrence and primary species of the alder and birch alluvial forests.

Hoofdgroep	Ken- en differentiërende soorten ¹⁾	Constante soorten ²⁾		Landschap
		Boom- en struiklaag	Kruid- en moslaag	
Elzenbroek bos (klasse 39: <i>Alnetea glutinosae</i>)	Zwarte els (k), Hennegras Grauwe wilg, Gele lis Bitterzoet, Grote wederik, Grote kattenstaart, Wolfspoot, Melkeppe, Gewoon puntmos	Zwarte els	Hennegras, Gele lis, Gewoon sterremos, Bitterzoet, Grote wederik	<i>Zwaartepunt in:</i> Beekdalen Laagveengebieden
Berkenbroek bos (klasse 40 : <i>Vaccinio-Betuletea pubescentis</i>)	Zachte berk (k), Gerafeld veenmos (k), Gewimperd veenmos, Slank veenmos, Veen-knopjesmos, Veenpluis	Zachte berk	- ³⁾ (<i>Pijpenstrootje</i> , <i>Gewone dophei</i>)	<i>Zwaartepunt in:</i> Hoogvenen Natte heidegebieden <i>Minder algemeen in:</i> Verdroogde beekdalen met voedselarme kwel; Geïsoleerde beekdalen; Kraggen in diepe veenplassen.

1) (k): kensoort van de klasse; overige: differentiërend t.o.v. andere bosklassen; 2) Presentie > 60%; 3) geen enkele soort in de ondergroei haalt een presentiewaarde van 60% of meer; dit is een gevolg van de grote verschillen in soortensamenstelling binnen de klasse van de berkenbroekbossen (zie toelichting in tekst).

De tabel illustreert verder het hierboven al gesignaleerde gebrek aan “eigen” soorten van zowel het elzen- en berkenbroek (de belangrijkste kensoorten zijn de dominante boomsoorten!) evenals het gebrek aan typische bossoorten. Opvallend is ook dat voor het berkenbroek geen enkele soort als “constant” kan worden aangemerkt (presentiewaarde in de beschikbare opnamen van > 60%). Dit duidt op een grote interne heterogeniteit van de klasse. Deze is groter dan in de elzenbroekbossen, die juist een vrij homogene groep bostypen vormen. De heterogeniteit van de berkenbroekbostypen berust echter grotendeels op een artefact. Overgangen tussen elzen- en berkenbroek hebben veelal een boomlaag die gedomineerd

wordt door Zachte berk, terwijl in de ondergroei het berkenbroekkarakter nog slecht ontwikkeld is. Dergelijke overgangssituaties worden gerangschikt onder de berkenbroekbossen waardoor de presentiewaarden van de kenmerkende soorten gedrukt worden. Beperken wij ons tot de "echte" berkenbroeken dan kunnen ook soorten als Pijpenstrootje en Gewone dophei als constant worden aangemerkt.

2.2.3 Broekbostypen in beekdalen

Elzenbroekbossen

Het belangrijkste type broekbos van de beekdalen is het Elzenzegge-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum*) met Elzenzegge als enige kensoort. Grote wederik en Gele lis zijn de meest algemene begeleidende soorten. Buiten de beekdalen komt deze associatie slechts heel sporadisch voor.

Binnen het Elzenzegge-Elzenbroek kunnen verschillende varianten worden onderscheiden. Deze zijn als subassociaties beschreven door Stortelder et al., (1998, 1999). Tabel 2.2 geeft een overzicht van de belangrijkste soorten en groeiplaatsen. De typische, soortenrijke vorm van de associatie vinden wij in natte beekdalen met kwelinvloed. Wij vinden dit type vooral in het middenlooptraject van de beekdalen. In benedenlopen zijn de fluctuaties in waterstand vaak iets groter en treden ook frequenter inundaties met beekwater op. Hier vinden wij de subassociatie van Zwarte bes, vaak in een gradiënt naar bostypen van de minerale gronden (o.a. met Gewone es in de boomlaag). Op natte plekken met juist weinig dynamiek en een bosbodem die neigt naar verzuring vinden wij een afwijkende ondergroei, met o.a. veel Zompzegge: een duidelijke overgang naar het berkenbroek. Dergelijke situaties zijn kenmerkend voor bovenloopgebieden en geïsoleerde delen van beeklopen. Laag dynamische, natte plekken met juist veel kwel en een relatief gunstige basenvoorziening worden gekenmerkt door het voorkomen van Bittere veldkers en andere kwelindicatoren in de ondergroei. Dit bostype vormt een overgang naar de bronnetjesbossen, met Gewone es als belangrijkste boomsoort. In tegenstelling tot de meeste andere broekbostypen heeft het Veldkers-Elzenbroek een uitgesproken bloemrijk voorjaarsaspect, met o.a. veel Dotterbloem in de natte laagtes (ook in het Zwarte bes-Elzenbroek) en Bosanemoon op de hogere delen rond de boomvoeten (alleen in dit type). Door het voorkomen van oud-bossoorten als Bosanemoon en diverse zeldzame soorten van bronmilieus is de ontwikkelingstijd van een "compleet" Veldkers-Elzenbroek beduidend langer dan voor de overige broekbostypen het geval is. Op licht verdroogde beekvenen tenslotte wordt een soortenarme vorm van het Elzenzegge-Elzenbroek aangetroffen, met veel Framboos en incidenteel een opvallend hoge bedekking van de associatie-kensoort Elzenzegge.

Naast de hierboven beschreven min of meer gave vormen van het elzenbroekbos treden bij ernstige verdroging, al dan niet in combinatie met eutrofiëring, ook bostypen op met een zeer soortenarme, slechts door één soort gedomineerde ondergroei. Wanneer de soortenarmoede zo extreem is dat de vegetatie niet meer aan een bepaalde associatie kan worden toegedeeld, spreken wij van een "rompgemeenschap". In de verdroogde beekdalbroekbossen komen drie van dit soort rompgemeenschappen voor. Het betreft hier, in volgorde van toenemende voedselrijkdom, elzenbroekbossen die worden gedomineerd door Hennegras, Gewone braam en Grote brandnetel (tabel 2.2).

Tabel 2.2: Broekbostypen kenmerkend voor beekdalen. Indeling tenzij anders vermeld volgens Stortelder et al., 1999.

Table 2.2: Typical alluvial forest types for brook valleys. Unless otherwise stated, categorisation according to Stortelder et al., 1999.

Bostype	Kenmerkende soorten ¹⁾	Constance soorten ²⁾	Groeiplaats ³⁾
Elzenbroekbos, goed ontwikkelde vormen			
39Aa2a Elzenzegge-Elzenbroek (typische vorm) <i>Carici elongatae-Alnetum typicum</i>	Stijve zegge, Hoge cyperzegge	Bitterzoet, Elzenzegge, Gele lis, Grote wederik, Wolfspoot, Zwarte els	<i>Natte beekdalen</i>
39Aa2c Zwarte bes-Elzenbroek <i>Carici elongatae-Alnetum ribetosum nigrae</i>	Zwarte bes (met hoge bedekking)	Bitterzoet, Echte valeriaan, Elzenzegge, Fijn snavelmos, Gele lis, Grote brandnetel, Grote wederik, Hop, Moeraspiraea, Moeraswalstro, Pitrus, Ruw beemdgras, Zwarte bes, Zwarte els	<i>Benedenlopen van beekdalen</i> <i>Natte beekdalen</i>
39Aa2e Zomprus-Elzenbroek <i>Carici elongatae-Alnetum caricetosum curtae</i>	Zachte berk, Zompzegge, Moerasstruisgras, Wataardbei	Gewoon sterremos, Grote wederik, Hennegras, Melkeppe, Pitrus, Smalle stekelvaren, Zachte berk, Zompzegge, Zwarte els	<i>Geïsoleerde beekdalen</i>
39Aa2b Veldkers-Elzenbroek <i>Carici elongatae-Alnetum cardaminetosum amarae</i>	Bittere veldkers, Kruipende boterbloem, Bosbies, Verspreidbladig goudveil, Paarbladig goudveil, Groot springzaad	Bittere veldkers, Gele lis, Grote brandnetel, Kruipende boterbloem, Moeraspiraea, Moeraswalstro, Zwarte els	<i>Kwelrijke beekdalen</i>
39Aa2d Frambozen-Elzenbroek <i>Carici elongatae-Alnetum rubetosum idaei</i>	Framboos, Wilde kamperfoelie, Ruwe smelee, Rankende helmblom	Framboos, Gewone braam, Hennegras, Smalle stekelvaren, Vogelkers, Wilde kamperfoelie, Wilde lijsterbes, Zachte berk, Zwarte els	<i>Verdroogde beekdalen</i>
Elzenbroekbos, rompgemeenschappen			
Hennegras-Elzenbroek <i>RG Calamagrostis canescens</i>	Hennegras (met hoge bedekking)	Gewone braam, Hennegras, Zwarte els	<i>Verdroogde beekdalen, soms nog met (voedselarme) kwel maar dan sterk begreppeld</i>
Braam-Elzenbroek <i>RG Rubus fruticosus</i>	Gewone braam (met hoge bedekking)	Bitterzoet, Brede stekelvaren, Gele lis, Gewone braam, Hennegras, Hop, Wilde lijsterbes, Zwarte els	<i>Verdroogde beekdalen</i>
Brandnetel-Elzenbroek <i>RG Urtica dioica</i>	Grote brandnetel (met hoge bedekking)	Gele lis, Gewone braam, Grote brandnetel, Hop, Ruw beemdgras, Zwarte els	<i>Verdroogde beekdalen (geëutrofiëerd)</i>
Moeraszegge-Elzenbroek <i>RG Carex acutiformis</i>	Moeraszegge (met hoge bedekking)	Bitterzoet, Gewoon sterremos, Moeraszegge, Smalle stekelvaren, Zwarte els	<i>Kwelrijke beekdalen</i>
Berkenbroekbos			
Zompzegge-Berkenbroek (typische vorm) <i>Carici curtae-Betuletum typicum</i>	Gewimperd veenmos, Gewoon haarmos, Gewoon veenmos, Riet, Slank veenmos, Veenknopjesmos, Zachte berk	Zachte berk, Zwarte els, Gewimperd veenmos, Riet, Gewoon sterremos	<i>Geïsoleerde beekdalen</i> <i>Verdroogde beekdalen met voedselarme kwel</i>

1) Differentiërend ten opzichte van overige subassociaties; 2) Presentie > 60%.; 3) indeling naar Stortelder et al., 1998.

Bossen van het laatstgenoemde type zijn vrij zeldzaam binnen de wereld van de natte beekdalen. Zij vormen in feite een overgang naar de bossen van drogere, voedselrijke en minerale bodem, en hebben nauwelijks (meer) een broekboskarakter. Bij ontwikkeling van "nieuw" broekbos door vernatting van voormalige landbouwgronden is het optreden van een langdurige brandnetelfase echter zeker niet onaannemelijk, zeker op relatief droge standplaatsen. Ook op relatief droge standplaatsen waar periodiek overstroming met eutroof beekwater optreedt, kan het type zich ontwikkelen (zie hoofdstuk 7). Op permanent natte standplaatsen of plekken die regelmatig inunderen kan de brandnetel zich niet handhaven (Tickner et al. 2001, Siebel 1998).

Naast deze drie rompgemeenschappen, die kenmerkend zijn voor verdroogde, al dan niet geëutrofiëerde omstandigheden, worden binnen het beekdal-elzenbroek ook dominantievormen van Moeraszegge aangetroffen. Dit is een tijdelijk verschijnsel dat bij plotselinge lichtstelling na kap optreedt in als hakhout beheerde vormen van het Veldkers-Elzenbroek. Ook bij nieuwvorming van broekbos in beekdalen in niet sterk geëutrofiëerd, kwelrijk milieu is het optreden van een tijdelijke fase met dominantie van Moeraszegge te verwachten.

Berkenbroekbossen

Berkenbroekbossen spelen in de beekdalen een ondergeschikte rol. Waar het voorkomt, betreft het steeds de typische subassociatie van het Zompzegge-Berkenbroek (*Carici curtae-Betuletum pubescentis typicum*). Differentiërend ten opzichte van de beekdal-elzenbroekbossen zijn Gewimperd veenmos, Gewoon haarmos, Gewoon veenmos, Riet, Slank veenmos, Veen-knopjesmos en Zachte berk.

Het bostype ontstaat vooral in situaties waarin sprake is van een (toenemende) invloed van regenwater op de samenstelling van het grondwater. Dergelijke omstandigheden zijn te vinden langs de bovenlopen van beken en in delen van beekdalen die afgesnoerd raken van de beekinvloed. In het laatste geval ontwikkelt het type zich spontaan uit het hierboven beschreven Zompzegge-Elzenbroek. Ook kan berkenbroek opslaan in verdroogd, voedselarm elzenbroek na kap van de elzen. Het voorgaande elzenbroektype was dan de Rompgemeenschap van Hennegras (zie hierboven). Het nieuw ontstane berkenbroek behoort weliswaar tot het Zompzegge-Berkenbroek, maar is veelal slecht ontwikkeld en kan zich bij voortgaande verdroging ontwikkelen in de richting van een vochtig Berken-Eikenbos (*Betulo-Quercetum roboris*). Onder natte omstandigheden kan het Zompzegge-Berkenbroek zich bij voortgaande hydrologische isolatie in theorie verder ontwikkelen in de richting van een hoogveenberkenbroek (*Erico-Betuletum pubescentis*), maar dit wordt in de praktijk nauwelijks waargenomen.

Overige broekbostypen

Naast de genoemde broekbostypen worden incidenteel nog twee broekbostypen voor het beekdallandschap vermeld. Dit is in de eerste plaats het voor de laagvenen karakteristieke Moerasvaren-Elzenbroek (*Thelypterido-Alnetum*), dat op zeer beperkte schaal kan voorkomen in oude veenputten. In feite betreft het hier microhabitats met laagveenlandschap (kraggen) binnen de beekdalen. Fraai ontwikkelde voorbeelden van dit verschijnsel zijn onder andere te vinden in het landgoed Hoosden in Midden-Limburg. Een tweede zeldzaam broekbostype betreft het Koningsvaren-Elzenbroek (*Carici laevigatae-Alnetum*), dat kenmerkend is voor natte beekdalen met zure,

voedselarme kwel. Kenmerkende soorten zijn onder andere Gladde zegge, Koningsvaren en Klein glidkruid. De weinige voorbeelden van het Koningsvaren-Elzenbroek in ons land – o.a. in Midden-Limburg – zijn echter door verdroging verdwenen waarbij het bostype overging in de Rompgemeenschap van Hennegras (zie hierboven).

Tabel 2.3: Broekbostypen in het laagveengebied. Indeling naar Stortelder et al., 1999.

Table 2.3: Alluvial forest types in the low fenland area. Categorisation according to Stortelder et al., 1999.

Bostype	Kenmerkende soorten ¹⁾	Constate soorten ²⁾	Groeiplaats ³⁾
Elzenbroekbos			
39Aa1a Moerasvaren-Elzenbroek (typische vorm) <i>Thelypterido-Alnetum typicum</i>	Moeraszegge	Bitterzoet, Fijn snavelmos, Gele lis, Gewoon sterremos, Hennegras, Melkeppe, Moerasvaren, Zwarte els	<i>Kraggen in ondiepe veenplassen</i>
39Aa1b Veenmos-Elzenbroek <i>Thelypterido-Alnetum sphagnetosum</i>	Haakveenmos Gewimperd veenmos Gewoon veenmos	Bitterzoet, Fijn snavelmos, Gele lis, Gewimperd veenmos, Gewoon sterremos, Haakveenmos, Hennegras, Moerasvaren, Moeraswederik, Pluimzegge, Riet, Zwarte els	<i>Kraggen in ondiepe en diepe veenplassen</i>
39Aa1c Oeverzegge-Elzenbroek <i>Thelypterido-Alnetum caricetosum ripariae</i>	Oeverzegge	Bitterzoet, Fijn snavelmos, Gewoon sterremos, Hennegras, Oeverzegge, Riet, Zwarte els	<i>Brakke kraggeranden en oevervenen</i>
Berkenbroekbos			
40Aa2a Zompzegge-Berkenbroek (typische vorm) <i>Carici curtae-Betuletum typicum</i>	Riet ⁴⁾	Gewimperd veenmos, Gewoon sterremos, Riet, Zachte berk, Zwarte els	<i>Kraggen in diepe veenplassen</i>
40Aa2b Melkeppe-Berkenbroek <i>Carici curtae-Betuletum peucedanetosum</i>	Wolfspoot Grote kattenstaart Moeraswalstro Pijpenstrootje	Zachte berk, Zwarte els, Sporkehout, Pijpenstrootje	<i>Kraggen in diepe veenplassen</i>
Braam-Berkenbroek <i>RG Rubus fruticosus</i>	Gewone braam (met hoge bedekking)	Gewone braam, Sporkehout, Wilde kamperfoelie, Wilde lijsterbes, Zachte berk, Zomereik, Zwarte els	<i>Kraggen in diepe veenplassen</i>
Appelbes-Berkenbroek <i>DG Aronia x prunifolia</i>	Appelbes (met hoge bedekking)	Zachte berk, Appelbes, Gewone braam, Fijn snavelmos, Gewoon veenmos	<i>Kraggen in diepe veenplassen</i>

1) Differentiërend ten opzichte van de andere subassociaties van resp. elzen- en berkenbroektypen in het laagveengebieden; 2) Presentie > 60%.; 3) indeling naar Stortelder et al., 1998; 4) het aantal differentiërende soorten is beperkt doordat dit type veel soorten gemeenschappelijk heeft met het Appelbes-Berkenbroek.

2.2.4 Broekbostypen in laagveengebieden

Elzenbroekbossen

Kenmerkend voor de broekbossen van het laagveen is het Moerasvaren-Elzenbroek (*Thelypterido-Alnetum*). Soorten die veel voorkomen in het Moerasvaren-Elzenbroek, maar nagenoeg ontbreken in het beekdal-elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum*), zijn Moerasvaren, Pluimvaren, Moeraswederik, Oeverzegge en Haakveenmos. In het beekdal-elzenbroek algemene soorten, zoals Moeraswalstro, Stijve zegge, Wijfjesvaren, Pinksterbloem, IJle zegge, Moerasspiraea, Hop, Pitrus en Gewone brandnetel, zijn in het laagveen-elzenbroek juist veel minder algemeen. Elzenzegge en Framboos ontbreken volledig.

Het Moerasvaren-Elzenbroek komt voor in drie verschijningsvormen die in de literatuur op subassociatieniveau worden onderscheiden (tabel 2.3). De meest algemene zijn de typische vorm van het Moerasvaren-Elzenbroek en het Veenmos-Elzenbroek. Beide bostypen komen voor op kraggen in veenplassen, waarbij het Veenmos-Elzenbroek gebonden is aan iets zuurdere bovengronden

dan het eerstgenoemde bostype (Stortelder et al., 1998). Het Oeverzegge-Elzenbroek is veel minder algemeen en gebonden aan een heel specifiek milieu: brakke kraggeranden en oevervenen. Ten opzichte van beide andere subassociaties is het een betrekkelijk soortenarm en eenvormig bostype.

In laagveenmoerassen worden dezelfde soortenarme, door één soort gedomineerde elzenbroekbostypen aangetroffen als in de beekdalen (zie tabel 2.2). Het betreft hier, in volgorde van toenemende voedselrijkdom, elzenbroekbossen die worden gedomineerd door Moeraszegge, Hennegras, Gewone braam en Grote brandnetel. De laatste drie rompgemeenschappen zijn net als in de beekdalen gebonden aan verdroogde groeiplaatsen. Het Moeraszegge-Elzenbroek heeft echter in beide landschapstypen een totaal verschillende standplaatsvoorkeur. In kwelrijke beekdalen met een hakhoutbeheer betreft het een tijdelijke lichtminnende fase in de kapcyclus. In het laagveen is het een permanente begroeiing van niet-brakke kraggeranden en oevervenen.

Berkenbroekbossen

Berkenbroekbos komt in laagveengebieden over grotere oppervlakten voor dan in het beekdalenlandschap, maar is ook hier veel minder algemeen dan elzenbroek. Het laagveenberkenbroek is beperkt tot één type groeiplaats: kraggen in diepe veenplassen (Stortelder et al., 1998) (tabel 2.3). Het kan hier op twee wijzen ontstaan. De belangrijkste ontstaanswijze is door successie vanuit het Veenmos-Elzenbroek bij voortgaande verzuring van de bovengrond. Hierbij ontstaat de typische vorm van het Zompzegge-Berkenbroek (*Carici curtae-Betuletum pubescentis typicum*) dat ook in hydrologisch geïsoleerde delen van beekdalen voorkomt (zie par. 2.2.3). De tweede ontstaanswijze is door spontane opslag van berk in verwaarloosd rietland. Afhankelijk van de zuurgraad van de bovengrond kan hierbij ook de typische vorm van het Zompzegge-Berkenbroek ontstaan of – bij een iets hogere pH in de bovengrond – het Melkeppe-Berkenbroek. Dit laatste broekbostype staat in feite voor wat betreft de soortensamenstelling van de ondergroei in tussen elzen- en berkenbroekbossen maar wordt om pragmatische redenen (Zachte berk is de belangrijkste boomsoort) tot het berkenbroek gerekend.

Bij lichte verdroging van het Zompzegge-Elzenbroek ontstaat al snel een soortenarme ondergroei, gedomineerd door Gewone braam. Dit Braam-Berkenbroek is het meest algemene broekbostype van het laagveen; bij verdere verdroging gaat het over in een (vochtig) Eiken-Berkenbos (*Betulo-Quercetum roboris*). Waar zich in een licht verdroogd laagveen-berkenbroek Appelbes weet te vestigen, kan deze soort door vegetatieve uitbreiding sterk gaan woekeren en ontstaat een eigen bostype: het Appelbes-Berkenbroek. Door ophoping van het slecht afbreekbare strooisel van de Appelbes komt een eind aan de veenmosontwikkeling. In dit stadium kan Zwarte els weer massaal opslaan en wordt uiteindelijk de successie teruggezet naar een elzenbroekstadium. Het Appelbes-Berkenbroek kan ook direct uit verwaarloosd rietland ontstaan.

Overige broekbostypen

De berkenbroekbossen van het laagveengebied zijn over het algemeen erg jong (enkele decennia). De vraag is hoe zij zich in de toekomst verder zullen ontwikkelen. Op enkele plekken zien wij nu al interessante ontwikkelingen op gang komen. Heel lokaal beginnen zich op kraggen in diepe veenplassen waar onder invloed van het veenmosdek de bovengrond steeds verder verzuurt (maar waar geen substantiële verdroging optreedt) soorten te vestigen die

kenmerkend zijn voor hoogveenvegetaties. Een voorbeeld is de vestiging van Eenarig wollegras in de berkenbroekbossen van het Naardermeer. Dergelijke soorten indiceren een ontwikkeling van het (voor het laagveen karakteristieke) Zompzegge-Berkenbroek naar het (voor hoogveen karakteristieke) Dopheide-Berkenbroek (*Erico-Betuletum pubescentis*). In hoeverre deze ontwikkeling zich doorzet is afhankelijk van de waterhuishouding. De meeste laagveenbroekbossen liggen in wegzijgingsgebieden, waar de wegzijging te groot is voor de vorming van hoogveen (zie par. 2.3).

Een heel andere ontwikkeling zien wij in elzenbroekbossen op oude kraggen in ondiepe veenplassen met kwelinvloed. Wanneer hier de kragge volledig aan de bodem is vastgegroeid, ontstaat een abiotisch milieu dat grote overeenkomsten vertoont met de natte beekdalen. Het voorkomen in een dergelijke situatie van Elzenzegge in de broekbossen van de Molenpolder ten noorden van Utrecht wijst bijvoorbeeld op een ontwikkeling van het (voor het laagveen karakteristieke) Moerasvaren-Elzenbroek naar het (voor natte beekdalen karakteristieke) Elzenzegge-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum*).

2.2.5 Broekbossen van de kleigebieden

Permanent natte elzenbossen op kleigrond komen in ons land vrijwel alleen voor op de komgronden in het riviereengebied. Bodemkundig gaat het hier om venige klei, kleiig veen en klei-op-veenbodems. Ook waar in deze bossen de boomlaag volledig wordt gedomineerd door Zwarte els, betreft het hier strikt genomen geen echte broekbossen. Naast Zwarte els is Gewone es vaak een algemene boomsoort en de soortensamenstelling van de ondergroei is eerder die van een Elzen-Vogelkersbos (*Alno-Padion*; klasse *Querco-Fagetea*) dan van een echt elzenbroekbos (*Alnion glutinosae*; klasse *Alnetea glutinosae*). Het zijn natte bossen met een ondergroei die gedomineerd wordt door hoog opschietende ruigtekruiden: zowel soorten van moerasruigten als brandnetels. In oude overzichten werd dit "Ruigt-Elzenbos" als zelfstandig type onderscheiden: als *Macrophorbio-Alnetum* (Westhoff & Den Held, 1960) of als *Filipendulo-Alnetum* (Van der Werf, 1991). De Vegetatie van Nederland erkent dit bostype echter niet meer als zelfstandige eenheid en rangschikt de natte elzenbossen van de komgronden binnen de Rompgemeenschap van Grote brandnetel van de Vochtige Elzen-Essenbossen (*Circaeo-Alnenion*; Stortelder et al., 1999).

De overeenkomst tussen dit bostype en de gelijknamige binnen de elzenbroekbossen beschreven rompgemeenschap is echter groot en het is aannemelijk dat onder min of meer permanent natte omstandigheden het karakter van de ondergroei ook meer broekbosachtig zal worden. Bij langdurige, ongestoorde ontwikkeling zal mogelijk het aandeel Grote brandnetel verder teruglopen en kan de successie verlopen in de richting van de Zwarte bes-variant van het Elzenzegge-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum ribetosum nigri*) dat nu vooral voorkomt in langs benedenlopen van beken in zandgebieden (zie par. 2.2.3).

Tabel 2.4 Vegetatietypen die onderdeel uitmaken van het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen, subtype C, beekbegeleidende bossen). Achter de naam van het vegetatietype staat aangegeven of het kenmerkend is voor goed (G) of matig (M) ontwikkelde vormen van het habitatype.

Table 2.4: Vegetation types which are part of the H91E0C Wet alluvial forest habitat type, subtype C). Behind the name of the vegetation type an indication is given as to whether it is characteristic of well (G) or moderately (M) developed forms of the habitat type.

Vegetatietype	Ontw
05CA01 Associatie van Waterviolier en Sterrekroos	G
05CA03 Associatie van Teer vederkruid	G
07AA02 Associatie van Paarbladig goudveil	G
07AA03 Kegelmos-associatie	G
39RG01 Rompgemeenschap van Hennegras	M
39RG02 Rompgemeenschap van Gewone braam	M
39RG03 Rompgemeenschap van Moeraszegge	M
39RG04 Rompgemeenschap van Grote brandnetel	M
43AA04 Goudveil-Essenbos	G
43AA05 Vogelkers-Essenbos	G
43RG03 Rompgemeenschap van Grote brandnetel	M
39AA02E Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Zompzegge	G
39AA02D Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Framboos	G
39AA02C Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Zwarte bes	G
39AA02A Elzenzegge-Elzenbroek; typische subass.	G
39AA02B Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Bittere veldkers	G

2.2.6 Relatie met Natura 2000 habitattypen

Elzenbroekbossen maken in beekdalen onderdeel uit van het habitatype H91E0, Vochtige alluviale bossen, subtype C, beekbegeleidende bossen) (tabel 2.4). Van de drie bostypen die kenmerkend zijn voor goed ontwikkelde vormen van het habitatsubtype, te weten het Goudveil-Essenbos, het Vogelkers-Essenbos en het Elzenzegge-Elzenbroek, is Elzenzegge-Elzenbroek het bostype dat verreweg het meest voorkomt.

Het habitatype H91D0, Hoogveenbossen, bestaat vrijwel geheel uit broekbossen en daarvan afgeleide rompgemeenschappen (tabel 2.5). Het gaat voornamelijk om berkenbroekbossen, te weten het Dophei-Berkenbroek en het Zompzegge-Berkenbroek. Alleen de meest zure veenmosrijke vorm van het Moerasvaren-Elzenbroek wordt tot het habitatype hoogveenbos gerekend.

Met uitzondering van de niet-zure vormen van het Moerasvaren-Elzenbroek maken broekbossen dus bijna altijd onderdeel uit van Natura 2000 habitattypen. Dit geeft het belang aan van broekbossen voor zowel nationale als internationale natuurdoelstellingen.

<p><i>Tabel 2.5 Vegetatietypen die onderdeel uitmaken van het habitatype H91D0 Hoogveenbossen. Achter de naam van het vegetatietype staat aangegeven of het kenmerkend is voor goed (G) of matig (M) ontwikkelde vormen van het habitatype.</i></p> <p><i>Table 2.5: Vegetation types which form part of habitat type H91D0 Moorland forests. Behind the name of the vegetation type an indication is given as to whether it is characteristic of well (G) or moderately (M) developed forms of the habitat type.</i></p>		
Vegetatietype		Ontw
36AA02	Associatie van Grauwe wilg	M
36RG02	Rompgemeenschap van Wilde gagel	M
39AA01B	Moerasvaren-Elzenbroek; subass. met Veenmossen	M
39AA02E	Elzenzegge-Elzenbroek; subass. met Zompzegge	M
39RG01	Rompgemeenschap van Hennegrass	M
39RG02	Rompgemeenschap van Gewone braam	M
39RG03	Rompgemeenschap van Moeraszegge	M
40AA01A	Dophei-Berkenbroek; subass. met Eenarig wollegras	G
40AA01B	Dophei-Berkenbroek; subass. met Struikhei	G
40AA01C	Dophei-Berkenbroek; arme subass.	M
40RG01	Rompgemeenschap van Gagelstruwelen	M
40RG02	Rompgemeenschap van Pijpestrootje	M
40RG03	Rompgemeenschap van Gewone braam	M
40AA02A	Zompzegge-Berkenbroek; subass. met Melkeppe	G
40AA02B	Zompzegge-Berkenbroek; typische subass.	G

2.3 Overige organismegroepen

Broekbossen, en dan met name elzenbroekbossen, zijn van groot belang voor de mycoflora. Er zijn vele tientallen soorten paddenstoelen die karakteristiek zijn voor elzenbroekbossen, waaronder veel soorten die strikt aan elzenbomen gebonden zijn (Stortelder et al. 1998, Arnolds en Veerkamp, 2008). De soortenrijkdom in elzenbroekbossen is groot: Bij onderzoek in proefvlakken van 1000 m² zijn tussen de 100 en 150 soorten aangetroffen (Arnolds en Veerkamp, 2008). Een groot deel van de voor broekbos kenmerkende soorten wordt bedreigd. Als oorzaken worden door Arnolds en Veerkamp genoemd de verdroging en het wegvallen van kwel, en de eutrofiering door toestroom van stikstof- en fosfaatrijk water. Een opvallende soort is het Beekmijtertje, een knotsvormig paddestoeltje dat groeit op rottende bladeren in bron- en kwelgebieden.

Het belang van broekbossen voor korstmossen is beperkt, omdat de stammen van de els pas op zeer hoge leeftijd begroeid raken (Stortelder et al. 1998) en berkenbomen door hun zure schors relatief arm zijn aan epifyten.

Het belang van broekbossen voor de fauna wordt behandeld in het volgende hoofdstuk.

2.4 Waterregime en basenhuishouding

Grondwaterstand, zuurstofvoorziening en reodoxpotentiaal

Kenmerkend voor broekbossen is het langdurig optreden van natte, waterverzadigde omstandigheden. Daardoor is de ondergrond tenminste een groot deel van het jaar zuurstofloos. De soorten die in het elzenbroekbos voorkomen, zijn aan een zuurstofloos substraat aangepast door de aanwezigheid van luchtweefsels, waarmee zuurstof naar de wortels kan worden getransporteerd (onder meer de diverse zeggensoorten, dotterbloem, gele lis en kattenstaart), en/of door oppervlakkige beworteling. Door het gebrek aan zuurstof ontstaan in de ondergrond gereduceerde omstandigheden. Door de reductieprocessen kunnen tal van voor planten toxische verbindingen worden gevormd, zoals ammonium, waterstofsulfide en tweewaardig ijzer en mangaan. Planten die op permanent natte standplaatsen groeien, moeten aangepast zijn aan deze toxische stoffen. Bij diverse soorten met luchtweefsels is aangetoond dat ze in staat zijn het zuurstofgehalte in de directe omgeving van de wortels te verhogen, leidend tot de oxidatie van potentieel toxische gereduceerde stoffen (Wheeler, 1999). Het neerslaan van geoxideerd ijzer is waarneembaar door de vorming van roest rondom de wortels van dergelijke planten. In par. 4.2 wordt verder ingegaan op redoxprocessen die optreden in natte bodems en de invloed daarvan op nutriëntenbeschikbaarheid en toxiciteit.

De Zwarte els (*Alnus glutinosa*) is aangepast aan de groei in waterverzadigde omstandigheden door de aanwezigheid van luchtweefsel. Vooral de diepe wortels (de zogenaamde 'zinkers', die tot 3,5 m diep gaan) zijn sponsachtig door de aanwezigheid van luchtweefsel (Köstler *et al.*, 1968). De zinkers zorgen voor een stevige verankering van de bomen en zouden op drogere standplaatsen volgens Köstler *et al.* ook een belangrijke rol spelen in de vochtvoorziening. In vergelijking met andere bomen heeft de Zwarte els een beperkt oppervlakkig wortelstel. De oppervlakkige wortels spelen een belangrijke rol in de nutriëntenvoorziening (MacVean, 1958). In tegenstelling tot de diepere wortels zijn ze rijk aan haarwortels waarmee nutriënten uit de bodem kunnen worden opgenomen. Bovendien spelen ze een belangrijke rol in de symbiose van de els met de stikstofbindende actinobacterie *Frankia alni*. De actinobacterie leeft in knolletjes die worden gevormd aan de wortels van de els. In verband met de zuurstofbehoefte van de actinobacterie groeien de knolletjes niet onder de gemiddeld laagste grondwaterstand. In langdurig met water verzadigde bodems zitten de knolletjes op een diepte van 5 tot 10 cm (Stortelder *et al.* 1998).

De Zachte berk (*Betula pubescens*) kan bij gebrek aan luchtweefsels niet wortelen in permanent gereduceerde delen van de bodem, en heeft mede daardoor een meer oppervlakkig wortelstelsel.

Tabel 2.4: Grondwaterstandranges waarbij de verschillende broekbostypen in Nederland zijn aangetroffen op basis gegevens Hommel en De Waal (2005). Aangegeven is de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), in cm onder maaiveld. Negatieve waarden geven waterstanden boven maaiveld.

Table 2.4: Ground water level ranges where the various alluvial forest types are found in the Netherlands based on data from Hommel and De Waal (2005). The average highest ground water level (GHG) and the average lowest ground water level (GLG) are shown in cm under ground level. Negative values indicate water levels above ground level.

Vegetatietype		n	GHG				GLG	
			min	gem	max	min	gem	max
39Aa1 Moerasvaren-elzenbroek								
39Aa1a	Thelypterido-Alnetum typicum	5	-10	-8	-5	2	6	15
39Aa1b	Thelypterido-Alnetum sphagnetetosum	5	-2	-4	-5	5	9	15
39Aa1c	Thelypterido-Alnetum caricetosum ripariae	8	-10	-5	0	0	7	25
39Aa2 Elzenzegge-Elzenbroek								
39Aa2a	Carici elongatae-Alnetum typicum	6	-15	-11	-5	10	32	48
39Aa2b	Carici elongatae-Alnetum cardaminetosum amarae	3	-10	-5	0	10	70	140
39Aa2c	Carici elongatae-Alnetum ribetosum nigrae	5	-18	-9	-2	10	36	60
39Aa2d	Carici elongatae-Alnetum rubetosum idaei	6	-5	2	15	50	78	110
39Aa2e	Carici elongatae-Alnetum caricetosum curtae	5	-15	4	0	35	58	90
39RG Romgemeenschappen Elzenbroek								
39RG1	RG Calamagrostis canescens-[Alnion glutinosae]	5	-4	6	20	20	44	85
39RG2	RG Rubus fruticosus-[Alnion glutinosae]	3	-5	1	10	14	27	40
39RG3	RG Carex acutiformis-[Alnion glutinosae]	8	-15	-9	-3	-5	2	10
39RG4	RG Urtica dioica-[Alnion glutinosae]	5	-5	6	20	22	57	200
Overige								
40Aa2	Carici curtae-Betuletum pubescentis	7	-10	-4	-2	20	29	40
43Aa4	Carici remotae-Fraxinetum	4	-5	-2	0	5	21	35
43Aa5	Pruno-Fraxinetum	6	5	31	60	50	> 125	>150

In goed ontwikkelde 'typische' elzenbroekbossen (*Thelypterido-Alnetum typicum*, *Carici elongatae-Alnetum typicum*) staat het grondwater een groot deel van het jaar aan of boven maaiveld, en zakt de grondwaterstand in de zomer niet meer dan een halve meter weg (tabel 2.4). Door deze ondiepe grondwaterstanden wordt de afbraak van organisch materiaal geremd, en ontstaat broekveen. In het relatief droge Framboos-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum rubetosum idaei*) kan de grondwaterstand in de zomer tot ruim een meter onder maaiveld wegzakken. De aanwezigheid van bramen en framboos wijst hier op een betere zuurstofvoorziening en een sterkere mineralisatie van het veen. Ook de soortenarme rompgemeenschappen met Hennegras (*Calamagrostis canescens*), Braam (*Rubus fruticosus*) en Brandnetel (*Urtica dioica*) komen vooral voor standplaatsen waar de grondwaterstanden in de zomer ver wegzakken. De diepe laagste grondwaterstanden in tabel 2.4 voor het Veldkers-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum cardaminetosum amarae*) berusten waarschijnlijk op een uitbijter (afwijkende broekboslocatie bij Cotessen). Door Stortelder et al. (1998) wordt aangegeven dat de gemiddeld laagste grondwaterstand in dit bostype varieert tussen 5 en 30 cm onder maaiveld.

Hoewel volwassen elzen goed tegen overstromingen bestand zijn (zie hoofdstuk 5), komen elzen maar weinig voor op dynamische standplaatsen met regelmatige diepe overstroming en hoge stroomsnelheden, zoals in de uiterwaarden van de Waal en IJssel. Hier ontstaan zachthoutoobossen gedomineerd door wilgen (onder andere Schietwilg en Katwilg). Permanente inundatie wordt niet goed verdragen, waarschijnlijk mede omdat inundatie leidt tot eens sterke afname van de stikstofbinding en hiermee van de fotosynthese. Te sterke vernatting van elzenbroekbossen, waarbij elzen gedurende vrijwel het hele jaar in het water komen staan, kan leiden tot het afsterven van elzen (zie hoofdstuk 4). Op vrijwel permanent onder water staande standplaatsen worden elzen verdrongen door wilgenstruwelen (vooral Grauwe wilg) en moerasruigtes.

In de beekdalen worden de elzenbroekbossen op hoger gelegen delen vervangen door Vogelkers-Essenbossen (*Pruno-Fraxinetum*). Zoals te zien in tabel 2.4 worden deze gekenmerkt door dieper wegzakkende grondwaterstanden.

Tabel 2.5: pH-ranges voor het bodemwater waarbij verschillende broekbostypen in Nederland zijn aangetroffen op basis gegevens Hommel en De Waal (2005).

Table 2.5: pH ranges for ground water where the various alluvial forest types are found in the Netherlands based on data from Hommel and De Waal (2005).

Vegetatietype		n	pH-bodemwater		
			min	gem	max
39Aa1 Moerasvaren-elzenbroek					
39Aa1a	Thelypterido-Alnetum typicum	5	4,6	5,9	6,6
39Aa1b	Thelypterido-Alnetum sphagnetetosum	5	4,3	4,8	5,4
39Aa1c	Thelypterido-Alnetum caricetosum ripariae	8	4,7	5,3	5,9
39Aa2 Elzenzegge-Elzenbroek					
39Aa2a	Carici elongatae-Alnetum typicum	6	5,2	6,0	6,9
39Aa2b	Carici elongatae-Alnetum cardaminetosum amarae	3	6,1	6,2	6,3
39Aa2c	Carici elongatae-Alnetum ribetosum nigrae	3	5,3	6,0	6,9
39Aa2d	Carici elongatae-Alnetum rubetosum idaei	3	5,3	5,9	6,9
39Aa2e	Carici elongatae-Alnetum caricetosum curtae	5	3,5	4,8	6,2
39RG Romgemeenschappen Elzenbroek					
39RG1	RG Calamagrostis canescens-[Alnion glutinosae]	4	5,2	5,6	5,9
39RG2	RG Rubus fruticosus-[Alnion glutinosae]	2	5,7	6,0	6,2
39RG3	RG Carex acutiformis-[Alnion glutinosae]	5	4,0	5,2	6,7
39RG4	RG Urtica dioica-[Alnion glutinosae]	4	5,6	6,3	7,3
Overige					
40Aa2	Carici curtae-Betuletum pubescentis	7	3,4	4,4	5,4
43Aa4	Carici remotae-Fraxinetum	2	7,0	7,2	7,3

Kwel en zuurbuffering

In de beekdalen vormt aanvoer van basenrijk grondwater (kwel) een belangrijke randvoorwaarde voor het ontstaan van goed ontwikkelde elzenbroekbossen. De grondwateraanvoer zorgt voor buffering van de zuurgraad én voor permanent ondiepe grondwaterstanden. De zuurgraad van het bodemwater en de bovengrond is mede afhankelijk van de basenrijkdom van het grondwater en van de mate waarin zich regenwaterlenzen vormen boven het basenrijke grondwater.

Op plekken waar basenrijk grondwater aan de oppervlakte uittreedt, op natte kwelplekken en in bronnetjesbossen, komen respectievelijk het Veldkers-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum cardaminetosum amarae*) en het Goudveil-Essenbos voor (*Carici remotae-Fraxinetum*). Deze worden gekenmerkt door een relatief hoge pH (zie tabel 2.5) en grondwaterstanden die het gehele jaar dicht aan maaiveld staan.

Op plekken waar zich boven het basenrijke grondwater regenwaterlenzen vormen komen zuurdere vormen van het elzenbroekbos voor (*Carici elongatae-Alnetum caricetosum curtae*) waarin ook veenmossen een belangrijke rol spelen. Bij verdere verzuring kan zich hieruit het Zompzegge-berkenbroek (*Carici curtae-Betuletum pubescentis*) ontwikkelen.

Bij aanvoer van zacht basenarm grondwater kunnen zeer zwak gebufferde vormen van het elzenbroek ontstaan. Dergelijke situaties komen echter in Nederland niet of nauwelijks meer voor, en de voor dergelijke standplaatsen kenmerkende broekbossen (*Carici laevigata-Alnetum*) ontbreken dan ook in Nederland (zie par. 2.2.3).

Overstroming met oppervlaktewater vormt indirect een belangrijke factor voor het ontstaan van het Zwarte bes-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum ribetosum nigrae*) en het Vogelkers-Essenbos (*Puno-Fraxinetum*). Het voorkomen van deze bostypen is namelijk gebonden aan standplaatsen waar

in het verleden overstromingen hebben plaatsgevonden en de bodem is aangerijkt met mineralen (kleiige en lemige beekafzettingen). In hoeverre deze bostypen ook kunnen ontstaan bij overstroming met het huidige, vaak relatief voedselrijke oppervlaktewater is echter onduidelijk. Hierop wordt teruggekomen in hoofdstuk 5, over de effecten van overstroming op standplaatscondities en vegetatie.

In laagveengebieden zijn de zuurgraad en de grondwaterdynamiek vooral afhankelijk van de mate waarin de verlanding is voortgeschreden. Dat bepaalt hoe sterk de standplaats onder invloed staat van oppervlaktewater dan wel regenwater. In broekbossen die recent zijn ontstaan uit verlandingsvegetaties en trilvenen (typische vormen van het Moerasvaren-Elzenbroekbos, *Thelypterido-Alnetum typicum*) wortelen de bomen in een relatief dun veenpakket waarin oppervlaktewater nog voldoende kan doordringen. Als gevolg daarvan zijn de grondwaterstandsschommelingen zeer gering en is de pH van het bodemwater hoog (tabel 2.5). Bij verdergaande verlanding en veenvorming kunnen zich in het centrum van de percelen regenwaterlenzen vormen, leidend tot een verzuring van de bovengrond. Veenmossen spelen in dit stadium een dominante rol in de ondergroei van de broekbossen (Veenmoselzenbroek, *Thelypterido-Alnetum sphagnetetosum*).

Hoe de ontwikkeling zich verder voortzet bij verdere veenvorming en het vastgroeien van de veenlaag aan de ondergrond, is sterk afhankelijk van de hydrologische situatie. De meeste laagveenmoerassen liggen hoger dan hun omgeving, met als gevolg dat het water wegzijgt naar de omgeving. Wanneer de kraggen waarop de broekbossen liggen vastgroeien aan de ondergrond gaat het contact met oppervlaktewater verloren en zal in deze gebieden de grondwaterstand in de zomer ver wegzakken. Gevolg is dat relatief soortenarme broekbossen met veel braam en haarmos in de ondergroei zullen ontstaan. In gebieden zonder of met slechts een geringe wegzijging naar de omgeving kan de veenvorming doorzetten, en behoort een ontwikkeling richting hoogveenberkenbroek tot de mogelijkheden (zie par. 2.2.4).

2.5 Nutriëntenhuishouding

Elzen kunnen in hun wortelknolletjes aanzienlijke hoeveelheden stikstof binden. Carlson and Dawson (1985) schatten voor *Alnus glutinosa* in Alaska een stikstofbinding van 125 kg N/ha/jr, en voor een twee jaar oude aanplant van *Alnus acuminata* in Colombia komen ze zelfs uit op een stikstofbinding van 279 kg N/ha/jr. Akkermans (1971, in Hamdi 1982) komt uit op een stikstofbinding in een Nederlands elzenbroekbos van 70 kg N/ha/jr, met als aanvulling dat onder optimale omstandigheden een stikstofbinding van 130 kg/ha te verwachten is.

Een groot deel van het gefixeerde stikstof in elzenbroekbossen is gebonden in de vorm van organisch materiaal. Via decompositie en mineralisatie kan dit weer vrijkomen (Rodriguez-Barrueco e.a., 1984). Stikstof komt echter relatief moeilijk vrij uit organisch materiaal, omdat het overwegend direct gebonden is aan koolstof (C-N verbinding). Deze verbindingen kunnen alleen via complexe enzymatische reacties (microbiologisch processen) worden afgebroken (Vitousek e.a., 1991; Aerts e.a., 2006). Daarnaast kunnen vanwege de natte omstandigheden de stikstofverliezen als gevolg van denitrificatie groot zijn. In elzenbroekbossen die hydrologisch op orde zijn wordt het ammonium, dat vrijkomt bij de afbraak van strooisel, onder gedraineerde omstandigheden in de zomer genitrificeerd tot nitraat. Dit

nitraat is mobiel en kan uitspoelen naar diepere anaerobe bodemlagen waar het kan worden gedenitrificeerd. Onder langdurig natte condities treedt veel minder nitrificatie en denitrificatie op en hoopt ammonium op. Dit gebeurt voornamelijk door adsorptie van ammonium aan het bodemadsorptiecomplex.

Het is bekend dat de aanwezigheid van elzen ook de turn-over (opname en vrijkomen door afbraak) van andere nutriënten en basen in een bosvegetatie kan verhogen (Binkley e.a., 1992; Giardina e.a., 1995). Selmants e.a. (2005) lieten zien dat in *Alnus rubra* bossen de activiteit van extracellulaire enzymen, die zorgen voor afbraak van lignine en cellulose en de mineralisatie van organisch stikstof, fosfor en zwavel, veel hoger zijn dan in bossen met Douglas spar.

Goed ontwikkelde Elzenbroekbossen worden gevoed door kwelwater dat doorgaans rijk is aan calcium en ijzer. Zowel calcium als ijzer zijn goed in staat om fosfaat te binden in de bodem, waardoor de concentratie vrij fosfaat in het bodemvocht en de waterlaag op grondwater gevoede locaties doorgaans laag is. Maar ook de aanwezigheid van Elzen speelt een rol in de fosforcyclus. Zo leidt in relatief P rijke bodems de aanwezigheid van *Alnus rubra* (Rode els) tot een afname van de gemakkelijk extraheerbare P-fractie en een toename van de fractie in organische vorm vastgelegd P (Compton en Cole, 1998). Toch zijn de P-fluxen in de *A. rubra* bossen veel groter dan in nabij gelegen Douglas bossen met een veel hogere concentratie gemakkelijk extraheerbaar-P. Compton en Cole veronderstellen dat er continu anorganisch fosfor wordt vrijgemaakt uit de organische P fractie, en dat dit zeer effectief wordt opgenomen door *A. rubra*. De gemakkelijk extraheerbare fractie is hierbij dus laag maar de turn-over is hoog. In tegenstelling tot stikstof is fosfor overwegend via ester-bindingen (C-O-P binding) aan het organische materiaal gebonden. Deze verbindingen zijn langs biochemische weg relatief eenvoudiger te verbreken dan C-N verbindingen. Zo scheiden veel planten en micro-organismen fosfatasen uit die het fosfor langs extra cellulaire weg van het organische materiaal kunnen vrijmaken (Vitousek e.a. 1991).

Het is niet duidelijk welk macronutriënt in goed ontwikkelde broekbossen het meest beperkend is. Uit de nutriëntenverhoudingen in planten kan in principe worden afgeleid welk nutriënt beperkend is. Volgens Olde Venterink (2002) is er sprake van N limitatie wanneer uit het plantmateriaal blijkt dat de N:P ratio (gewichtsverhouding) $< 14,5$ en de N:K ratio $< 2,1$ is. Er is sprake van P of P+N limitatie wanneer de N:P ratio $> 14,5$ en de K:P ratio $> 3,4$ is. Er is sprake van K of K+N limitatie wanneer de K:P ratio $< 3,4$ en de N:K ratio $> 2,1$ is. Helaas is er vrijwel niets te vinden over de nutriëntenratio van planten die voorkomen in de ondergroei van broekbossen, en dus over het antwoord op de vraag of de vegetatie in broekbossen fosfor dan wel stikstof gelimiteerd is. Een beperkt aantal analyses aan het plantmateriaal van *Carex pseudocyperus* (Hoge cyperzegge) afkomstig uit het Beeselsbroek, indiceert dat deze soort met name stikstof gelimiteerd is (N:P= 7,1; N:K= 0,6; K:P= 13,2; Lucassen, ongepubliceerde data).

2.6 Bodem

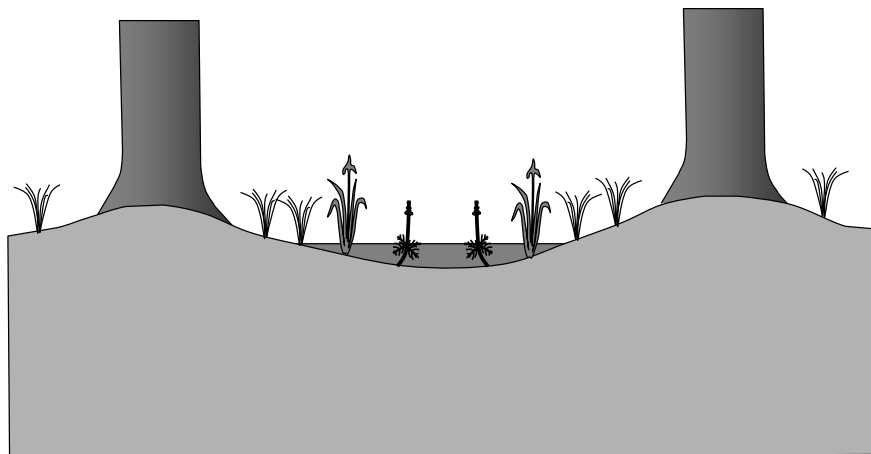
Broekbossen kunnen zich ontwikkelen op een groot aantal verschillende substraten, mits de waterhuishouding geschikt is: permanent nat en bij voorkeur kwelgevoed. Door de permanent natte omstandigheden wordt de afbraak van organisch materiaal geremd en ontstaat uiteindelijk een veenbodem. Bij elzenbroekbossen in de beekdalen ontstaat broekveen, een

veentype dat behalve door de aanwezigheid van houtresten ook wordt gekenmerkt door een relatief groot aandeel aan minerale bestanddelen (vooral lutum) als gevolg van periodieke overstroming met beekwater. Het organische materiaal heeft een relatief lage C/N verhouding (Hendriks 1992).

2.7 Structuur

Broekbossen zijn semi-aquatische milieus, gekenmerkt door de continue aanwezigheid van gradiënten van de waterfase tot droge bodem in ruimte. Deze gradiënten kunnen voorkomen op verschillende landschappelijke schaalniveaus:

- Beekdallandschap: van laaggelegen natte broekbosdelen naar hogere droge randen beekdal.
- Broekbos: afwisseling van vrijwel permanent water bevattende poelen, oude meanders en greppels en droge hogere terreindelen.
- Habitat: Stamvoeten en omgevallen bomen liggen ver boven bosbodem en vormen zo permanent droge habitats, zelfs bij volledige inundatie.



Figuur 2.1: Kenmerkend voor broekbossen is de afwisseling van natte en droge delen waardoor op korte afstand aan terrestrische en aquatische omstandigheden aangepaste soorten voor kunnen komen.

Figure 2.1: Typical for alluvial forest is the variety of wet and dry parts. Due to these circumstances both species of terrestrial and aquatic habitats occur on a short scale.

Op beekdallandschap-schaal zijn de overgangen van de natte broekbossen naar drogere bostypen belangrijk, omdat de laatste als overwinteringslocatie dienen voor soorten die niet bestand zijn tegen winterinundaties met grond- of beekwater. Binnen het broekbos bestaat meestal een afwisseling van droge en (vrijwel) permanent natte delen. De stamvoeten van elzen spelen een belangrijke rol in het ontstaan van mesostructuren (Van der Werf, 1991), doordat de stamvoet en het begin van de horizontale wortels over het algemeen boven de waterspiegel uitsteken. Het mozaïek van hoogteverschillen dat hierdoor wordt gecreëerd leidt tot de beschikbaarheid van vochtgradiënten: relatief droog op de stamvoet en nat in de laagtes tussen de bomen (figuur 2.1). Windworp is een frequent optredend verschijnsel op de zeer natte broekbosbodem en kan het aanwezige

microreliëf nog verder versterken. In licht verdroogde broekbossen kan het patroon worden versterkt door afbraak van veen: door veenafbraak daalt het maaiveld tussen de bomen, maar de stamvoeten en de oppervlakkige wortels dalen niet of nauwelijks mee.

Door de afwisseling aan natte en droge milieus kunnen op korte afstand typische waterdieren en -planten voorkomen naast typisch terrestrische soorten. Beide habitats herbergen hun eigen levensgemeenschap, maar vooral de overgang tussen beide typen is bijzonder soortenrijk. Daarnaast maken veel soorten gebruik van zowel het aquatische als het terrestrische milieu tijdens de verschillende fases van hun levenscyclus. De stamvoeten dienen als hoogwatervluchtplaats voor veel (semi-)terrestrische organismen. Voor de fauna is ook de vegetatiestructuur van belang, bijvoorbeeld de aanwezigheid van pollen vormende zeggenvegetaties. Indirect reguleert de dichtheid en groeivorm van de vegetatie het microklimaat boven de bodem, en direct heeft de architectuur van de vegetatie invloed op de fauna door het creëren van structuurvariatie. Spinnen worden bijvoorbeeld direct beïnvloed door de vegetatiestructuur van de kruidlaag (Döbel et al., 1990).

2.8 Ruimtelijke samenhang

Vaak liggen natte broekbossen in de beekdalen geïsoleerd en worden ze omringd door droge bossen of landbouwgrond. Dit wil zeggen dat het areaal dat ingenomen wordt door een soort bestaat uit een serie kleine geïsoleerde deelpopulaties, die met elkaar verbonden zijn door dispersie van individuen. Samen vormen de deelpopulaties een 'metapopulatie', zoals beschreven door Levins (1969) en Hanski (1999). Wanneer een deelpopulatie verdwijnt, bijvoorbeeld doordat in een extreem droog jaar de inundatieduur van het broekbos niet lang genoeg is om de levenscyclus van de dieren te kunnen volbrengen, kan deze locatie opnieuw gekoloniseerd worden vanuit omliggende deelpopulaties. De soortensamenstelling van een broekbos is het gevolg van een combinatie van deterministische mechanismen (de structurerende rol van de heersende milieuomstandigheden) en het gevolg van stochastische processen (toevallige kolonisatie van locaties en extinctie van bestaande populaties) (Leibold et al., 2004). Drie eigenschappen van de deelpopulaties zijn belangrijk voor de uitwisseling tussen deelpopulaties (Batzner et al., 2006):

- het aantal individuen dat dispersie vertoont binnen de deelpopulaties,
- de mate van diversiteit aan omstandigheden binnen het areaal (treden extremen bijvoorbeeld synchroon of asynchroon op over alle broekboslocaties),
- de dispersiecapaciteit en -mogelijkheden van de soorten.

De mate van isolatie van een broekbos is bepalend voor het functioneren van de metapopulatie. Dit kan isolatie zijn als gevolg van afstand tot het volgende broekbos, maar ook isolatie door dispersiebarrières (grote wateroppervlaktes of uitgestrekte landbouwgebieden). Omdat veel broekbossoorten ook kunnen voorkomen in moerasvegetaties en elzenbosjes zijn de structuur van het omringende gebied en de aard van de groen-blauwe dooradering ook van belang. Het verdwijnen van moerasjes en soortenrijke oevers en verdroging van broekbossen kunnen isolatie van de overgebleven restanten in de hand werken, doordat daarmee 'stepping stones' voor soorten wegvallen.

De mate van isolatie is niet alleen afhankelijk van de afstand tot nabijgelegen broekbossen, maar ook van de dispersiecapaciteit van soorten. Binnen de aquatische fauna is het vermogen tot dispersie over het algemeen goed ontwikkeld (Bilton et al., 2001). Sommige soorten kunnen vliegend nieuwe locaties bereiken, terwijl andere zich passief verplaatsen, bijvoorbeeld door de wind. Een andere manier om broekbossen te koloniseren is tijdens inundaties. Poeltjes in de bossen worden tijdelijk verbonden, waarna soorten zich door het water kunnen verplaatsen of met het beekwater uit bovenstroomse broekbossen kunnen worden aangevoerd. Ook voor moerasplanten geldt dat veel soorten zaad vormen dat via water kan worden aangevoerd.

Behalve de mate van isolatie is ook de oppervlakte van het broekbos een belangrijke factor. In de regel herbergen grotere oppervlaktes van een habitat meer soorten dan kleine habitats. Dit is vooral het gevolg van het feit dat grotere habitats een hogere diversiteit aan microhabitats herbergen. Deze habitatheterogeniteit biedt mogelijkheden voor een groter aantal soorten, vaak specialisten (Batzer et al., 2006).

2.9 Beheer

Gebruiksgeschiedenis en ouderdom

In het algemeen verschillen beekdal- en laagveenbroekbossen sterk in leeftijd en gebruiksgeschiedenis. Beekdalbroekbos is een onderdeel van het oude cultuurlandschap. Het ligt vooral in de laagste, natste delen van beekdalen op plekken die zelfs niet geschikt waren voor gebruik als nat hooiland. Broekbos op dergelijke plekken kan zeer oud zijn. In de vorige eeuw - en met name in de vooroorlogse jaren - werden echter ook zeer natte, landbouwkundig marginale beekdalhooilanden ingeplant met elzen en omgevormd naar broekbos. Hoewel minder dan een eeuw oud, kunnen ook deze relatief jonge broekbossen in ecologisch opzicht zeer goed ontwikkeld zijn. Het beheer van vrijwel al deze beekdalbroekbossen was vooral gericht op hakhout. De omloopsnelheid was vrij kort (5 tot 15 jaar) en de productie hoog (rond de 10 m³ per jaar). Alleen in zeer grote broekboscomplexen bleef regelmatig hakhoutbeheer beperkt tot de randzones, en werd het centrale deel minder intensief beheerd. Rond 1950 werd in de meeste beekdalbroekbossen het hakhoutbeheer gestaakt.

De broekbossen in het laagveen zijn – de bosjes rond de oude eendenkooien daargelaten – grotendeels veel jonger dan de beekdalbroekbossen. In het laagveen gaat het vooral om spontane bosontwikkeling in verwaarloosd rietland. Het meeste bos is hier slechts een halve eeuw oud of jonger, en er komt hier nog steeds jong bos bij. Overigens zijn er wel regionale verschillen in ouderdom van de 'kraggebossen', waarschijnlijk samenhangend met het economisch belang van de rietteelt in de verschillende regio's. Zo zijn de broekbossen in Noordwest-Overijssel gemiddeld jonger dan in het gebied van de Vechtplassen (Stortelder et al., 1998). Met name in de jongste bossen is van een hakhoutverleden in de meeste gevallen geen sprake. Ook voor de teelt van opgaand hout hebben de laagveenbroekbossen nooit veel betekenis gehad. De groeisnelheid varieert sterk, afhankelijk van de groeiplaats, maar de houtproductie is gemiddeld beduidend lager dan in de beekdalen. Vanwege de geringe leeftijd van het bos, de geringe productie en omdat veel laagveenbroekbossen onderdeel vormen van natuurgebieden, is er in de meeste gevallen nooit sprake geweest van actief bosbeheer. Het gaat dus

vaak om spontaan bos met een relatief ongestoorde ontwikkeling, naar Nederlandse maatstaven een bijzonder fenomeen.

Hakhoutbeheer hervatten?

In de meeste beekdalbroekbossen bestaat het huidige beheer uit nietsdoen. Slechts over een beperkte oppervlakte is het oude hakhoutbeheer in ere hersteld. Een nadeel van het weer in hakhoutbeheer nemen van elzenbroekbos is – vooral wanneer gebruik van zwaar materieel noodzakelijk is – de schade aan bosbodem, microreliëf en de daaraan gebonden flora. Dit speelt met name in kwelrijke broekbossen en overgangen naar bronmilieus, groeiplaatsen die gekenmerkt worden door subtiele verschillen in maaiveldhoogte en het voorkomen van bijzondere plantensoorten (waaronder oud-bossoorten als Bosanemoon). Hakhoutbeheer is voor paddenstoelen in het algemeen ongunstig. Door lichttoetreding treedt versterkte mineralisatie van organische stof op, met als gevolg verruiging, en het microklimaat wordt ongunstig beïnvloed (Keizer, 2003, in Arnolds et al. 2008).

In laagveenbroekbossen is zelden sprake van een langdurige traditie van hakhoutbeheer. Er spelen dan ook veel minder vaak cultuurhistorische argumenten om (opnieuw) een hakhoutbeheer te starten dan in de beekdalen. Winning van (brand)hout heeft ook hier plaatselijk wel geleid tot een hakhoutachtige bosstructuur, maar er zijn zelden oude, door actief beheer in stand te houden hakhoutstoven aanwezig. Daarbij komt dat periodieke lichtstelling ten behoeve van de ondergroei in laagveenbossen minder van belang is dan in beekdalen. Ondanks de geringere ouderdom en boomhoogte zijn de kraggebossen veelal dynamischer dan hun tegenhangers in het beekdallandschap. Windworp op kraggen komt zeer vaak voor – met name op de natste plekken – met als gevolg een hoge mate van variatie in de bosstructuur, het lichtklimaat en het microreliëf. Alleen broekbossen op verdroogd laagveen zijn relatief eenvormig en zouden kunnen profiteren van maatregelen die gericht zijn op het vergroten van de structuurvariatie.

Doorgaan met niets-doen-beheer?

Doorgesloten elzenhakhout in beekdalen is veelal hoog opgaand, donker en relatief eenvormig voor wat betreft de bosstructuur en de leeftijdsopbouw. Afnemende beschikbaarheid van licht op de bosbodem leidt in de meeste gevallen tot achteruitgang van de soortendiversiteit. Bij langdurige ongestoorde ontwikkeling zijn deze bossen echter wel gevoelig voor stormschade. Dit resulteert – met name op de natste plekken – op ontworteling van complete hakhoutstoven. Daarnaast lopen – met name op iets verdroogde standplaatsen en in hoog opgaand bos – de oude hakhoutstoven het risico te scheuren en op termijn af te sterven. Op (zeer) lange termijn resulteert dit in een natuurlijker bossysteem met een gevarieerdere bosstructuur en leeftijdsopbouw, en een grotere variatie in microreliëf en hervestiging van soorten in de ondergroei.

Een interessante vraag hierbij is echter hoe de bosverjonging tot stand zal komen. Zwarte els kiemt, zoals beheerders van natuurontwikkelingsprojecten maar al te goed weten, zeer gemakkelijk op vochtige, kale grond in het volle daglicht. In een gesloten vegetatiedek of onder schaduwrijke omstandigheden verloopt de kieming beduidend moeilijker. In een opgaand, gesloten broekbos worden zelden tot nooit zaailingen van els aangetroffen. Het is dan ook te verwachten dat bij de ontwikkeling van natuurlijk elzenbroekbos wortelkluiten in grote stormgaten voor de vestiging van een nieuwe generatie elzen een sleutelrol zullen spelen. Over grote oppervlakten zullen echter ook na windworp ongunstige omstandigheden voor kieming van els blijven bestaan. Het is dan ook niet te verwachten dat ongestoorde ontwikkeling van

beekdallandschappen zal leiden tot aaneengesloten oppervlakten broekbos – vergelijkbaar met de huidige percelen doorgeschoten hakhout. Mozaïeken van kleine broekbossen (mogelijk met een hoger aandeel berk dan tegenwoordig), struwelen van Grauwe wilg en hoog opgaande moerasruigten vormen een waarschijnlijker toekomstbeeld.

Binnen deze mozaïeken kunnen herbivoren – en met name ook bevers - een belangrijke rol spelen bij het creëren van ecologisch waardevolle overgangen tussen bos, struweel en moerasruigte. Wellicht belangrijker nog is echter de rol die bevers op kortere termijn kunnen spelen in het kleinschalig openbreken van steeds donkerder wordend doorgeschoten hakhout. Er is in ons land nog niet veel ervaring met herintroductie van bevers in broekbossystemen. De recente vestiging van bevers langs zijbeken van de Maas in Midden-Limburg is daarom des te interessanter.

3 Fauna van broekbossen

3.1 Inleiding

Ongewervelden vormen verreweg de meest diverse en talrijke groep macro-organismen binnen de broekbosfauna. Deze review beperkt zich dan ook grotendeels tot deze groep. De belangrijkste redenen hiervoor zijn 1.) dat ongewervelden een grote rol spelen in het functioneren van ecosystemen, 2.) ongewervelden zeer indicatief kunnen zijn voor de heersende milieufactoren op microschaal, waardoor ook kleinschalige gradiënten in milieuomstandigheden kunnen worden vastgesteld, 3) bosfragmenten nog steeds een aanzienlijk aantal karakteristieke ongewervelden kunnen bevatten, omdat evertrebraten door hun geringe grootte simpelweg minder oppervlakte nodig hebben om te kunnen overleven.

Een aantal voor het broekbos belangrijke gewervelden worden in een aparte paragraaf behandeld. In natuurlijke beekdalen zijn op basis van de vegetatiesamenstelling verschillende typen broekbossen aan te treffen (par. 2.2). Voor de fauna zijn binnen niet verdroogde broekbossen grofweg twee groepen van belang: broekbossen in natte beekdalen, waarbij zowel inundatie met kwelwater als met beekwater plaatsvindt, en broekbossen in kwelrijke beekdalen en laagtes in het dekzandgebied, die nooit of vrijwel nooit overstromen met beekwater en alleen gevoed worden door kwelwater (tabel 3.1). Inundatie met beekwater treedt meestal op tijdens periodes met een zeer hoge afvoer, maar kan bijvoorbeeld ook het gevolg zijn van het (tijdelijk) afdammen van beektrajecten door bevers (Wright et al., 2002).

De bewoners van broekbossen hebben verschillende aanpassingen en overlevingsstrategieën om hun levenscyclus te kunnen voltooien in deze systemen. Aanpassingen zijn noodzakelijk omdat de specifieke milieuomstandigheden in broekbossen (o.a. inundatie, droogval, zuurstofloosheid) zorgen voor verschillende ecologische knelpunten.

Tabel 3.1: Onderscheid in hydrologische broekbostypen relevant voor soortensamenstelling fauna.

Table 3.1: Distinction between hydrological alluvial forest types relevant for species composition of the fauna.

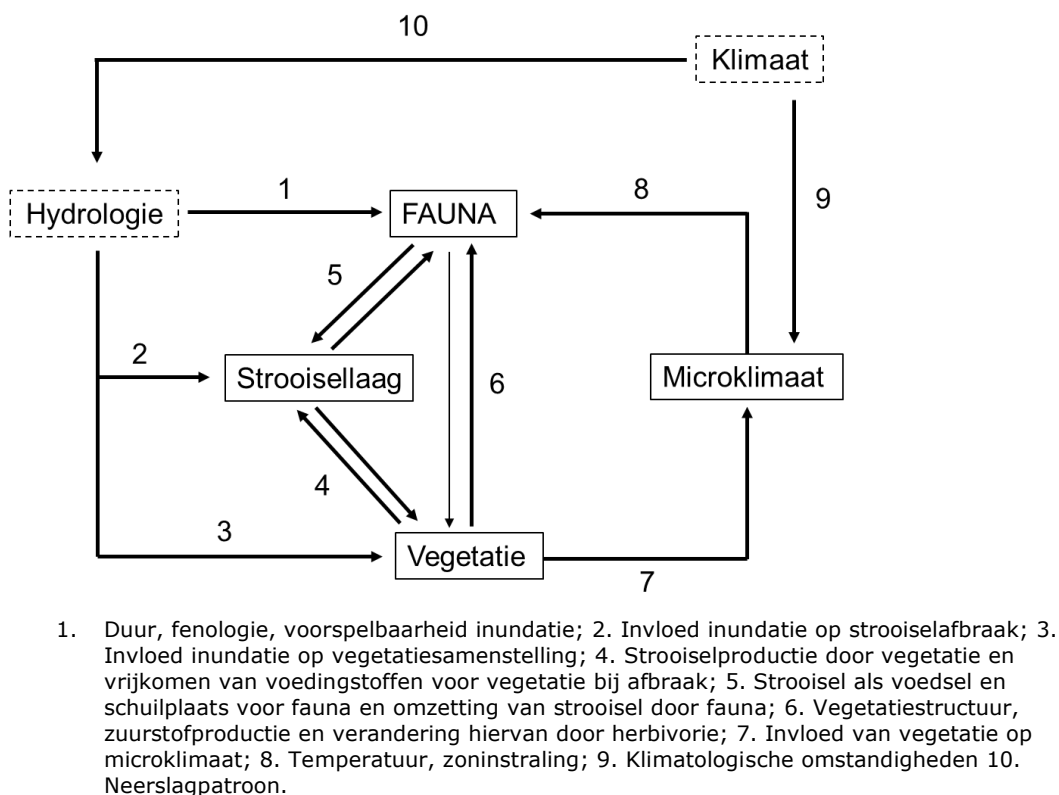
	Kwel- en oppervlaktewater	Alleen kwelwater
Inundatieduur	Maanden in winter, dagen in zomer	Maanden in winter
Voorspelbaarheid inundatieperiode	Deels voorspelbaar (winter) deels onvoorspelbaar (zomer)	Voorspelbaar
Fenologie inundatie	Jaarrond mogelijk	Winterhalfjaar
Herkomst water	Grond- en beekwater	Grondwater
Waterbeweging	Stroming mogelijk	Stagnant
Maximale diepte grondwater bij droogte	±30-60 cm diep	±5-30 cm diep

In dit hoofdstuk worden per sturende factor de aanpassingen behandeld die de fauna nodig heeft om te kunnen overleven. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van karakteristieke broekbosongewervelden. Op basis van de plek waar de ongewerveldenfauna in een broekbos haar levenscyclus doorloopt kan een onderverdeling worden gemaakt in vier groepen ongewervelden binnen het systeem:

1. Aquatische fauna van inundatiezones en (rest)poelen.
2. (Semi-)terrestrische fauna, die leeft op en in de strooisellaag van de niet met water verzadigde bosbodem.
3. Fauna van de met water verzadigde bosbodem.
4. Fauna van de kruiden, struiken en bomen in het broekbos.

Veel belangrijke ecologische processen voor de fauna van een broekbos zijn ook terug te vinden in andere natte (bos)ecosystemen. Daarom worden in de review soms ook voorbeelden gebruikt afkomstig van andere natte bostypen in Europa, zoals zachthout- en hardhoutooibossen in de uiterwaarden van grote rivieren en van de broekbossen (*floodplain swamps*; Keddy, 2010) in Noord Amerika en Australië. Vaak bevatten deze bronnen algemeen geldende ecologische principes voor de fauna van natte bossen en kunnen daarmee ook als relevant worden beschouwd voor de situatie in de Nederlandse elzenbroekbossen.

In dit hoofdstuk worden eerst de belangrijkste sturende factoren voor de fauna van elzenbroekbossen behandeld. Vervolgens wordt ingegaan op het belang van broekbossen voor de fauna; zijn er karakteristieke soorten aan te treffen en wat voor eisen stellen deze soorten aan hun habitat?



Figuur 3.1: Sturende factoren voor de aquatische en semi-terrestrische fauna van broekbossen. Dikte van de pijlen geeft de mate van relevantie van de relatie weer. Klimaat en hydrologie spelen op een hoog landschappelijk schaalniveau, terwijl de andere componenten zich afspelen op kleinere schaal.

Figure 3.1: Driving factors for the aquatic and semi-terrestrial fauna in alluvial forests. The thickness of the arrows indicates the degree of relevance of the relationship. Climate and hydrology influence at the larger landscape scale level, while the other components have an influence on a smaller scale.

3.2 Sturende factoren

De sturende factoren voor de ongewerveldenfauna in broekbossen zijn terug te herleiden tot een aantal hoofdfactoren. Verreweg de belangrijkste factor is het hydrologische regime van het broekbos en de indirecte effecten hiervan op bijvoorbeeld de zuurstofbeschikbaarheid. Daarnaast spelen ook het microklimaat, de bodemmorfologie en de habitatstructuur een rol (Fig. 3.1).

3.2.1 Hydrologisch regime

Het hydrologische regime van een broekbos is de belangrijkste sturende factor voor de ongewerveldenfauna. Het optreden van zowel overstroming met grond- en/of oppervlaktewater als periodieke uitdroging sturen direct de samenstelling en verspreiding van soorten binnen het broekbos (Mendelsson & Batzer, 2006). Volgens Wissinger (1999) zijn de belangrijkste vier componenten van het hydrologisch regime in broekbossen voor de fauna:

1. de duur van inundatie/droogval,
2. de frequentie, amplitudo en tijdstip in het jaar van inundatie/droogval,
3. voorspelbaarheid van het optreden van inundatie/droogval,
4. specifieke omstandigheden tijdens inundatie/droogval (bijv. stroming, waterkwaliteit en zuurstofgehalte).

Aangezien inundaties en droogval veel voorkomende verschijnselen zijn in moerasesystemen hebben zowel aquatische als (semi-)terrestrische ongewervelden in de loop van de evolutie een breed scala aan aanpassingen ontwikkeld om hier mee om te gaan (Williams, 1996; Adis & Junk, 2002; Mendelsson & Batzer, 2006). Verschillen in inundatieregime tussen broekbossen hebben dan ook grote consequenties voor de soorten die er kunnen voorkomen. De voorspelbaarheid van het hydrologische regime maakt een aangeboren 'timing' of synchronisatie mogelijk met het optreden van inundaties (Uetz et al., 1979; Adis & Junk, 2002). Hoe dieren omgaan met inundaties en droogval verschilt sterk tussen (semi-)terrestrische en aquatische soorten.

Voor de meeste (semi-)terrestrische ongewervelden valt de periode van langdurige inundatie in het winterhalfjaar samen met de overwinteringsperiode. Dit heeft tot gevolg dat deze dieren zich in die periode niet of amper meer kunnen verplaatsen. De keuze van de overwinteringsplek moet dus afgestemd worden op het hydrologische regime van het broekbos. Drie plekken worden veelvuldig gebruikt als overwinteringslocatie (Zulka, 1994; Riegel, 1996; Stegner, 1998; Hannig et al., 2006):

1. aan de randen van het broekbos, in hoger gelegen delen van het beekdal (horizontale migratie op mesoschaal),
2. binnen het broekbos, boven de waterlijn (microschaal, verticale migratie op structuurelementen),

3. binnen het broekbos, onder water.

Gradiënten in bodemreliëf op mesoschaal (hoog en laag gelegen delen bos) en op microschaal structuurelementen in de vorm van elzenstobben en zeggenpollen zijn dus essentieel voor deze soorten (Fig. 3.2). Horizontale migratie op mesoschaal is alleen mogelijk voor mobiele organismen, die in staat zijn relatief grote afstanden af te leggen binnen het beekdal; vliegend, lopend of kruipend. Dit soort seizoensmigratie is onder andere bekend van loopkevers in de uiterwaarden van grote rivieren (Zulka, 1994; Turin, 2000). Deze soorten migreren in het najaar als adult vanuit de uiterwaarden en zoeken een overwinteringsplek in de bossen op hoger gelegen terreindelen. In het voorjaar keren de dieren weer terug om zich voort te planten. Verticale micromigratie treedt op binnen het broekbos zelf. De afstanden die hierbij afgelegd moeten worden zijn dus veel kleiner dan bij horizontale migratie. Alle boven het water uitstekende elementen kunnen worden gebruikt: bomen en hun stamvoet, stronken en stobben, planten enzovoorts. Overwintering onder de schors van boomstammen is waargenomen bij bijvoorbeeld loopkevers, pissebedden, duizendpoten en miljoenpoten (Riegel, 1996; Tajovský, 1999). In graslandecosystemen spelen hoge graspollen een belangrijke rol als overwinteringshabitat (Luff, 1966). In broekbossen vervullen zeggenpollen waarschijnlijk een vergelijkbare functie, maar kwantitatieve gegevens hierover ontbreken. Tenslotte vindt ook overwintering plaats onder water. Sommige larven of volwassen dieren kruipen in holtes in dood, rottend hout of in de bodem (Pižl, 1999). Bij inundatie blijven luchtbellens achter in deze holtes, die vervolgens gebruikt worden voor de zuurstofvoorziening (Braccia & Batzer, 2001). Andere ongewervelden zijn nog beter aangepast; ze hebben fysiologische en morfologische aanpassingen waardoor ademhaling onder water mogelijk is (Adis, 1997; Pižl, 1999). Daarnaast hebben bepaalde groepen eieren of cocons die resistent zijn tegen overstromingen (Pižl, 1999).



Figuur 3.2: Structuurelementen in de vorm van stamvoeten van elzen en zeggenpollen, zoals hier in een broekbos langs de Strijper Aa (Leenderstrijp,

NB), zijn essentieel voor terrestrische ongewervelden: ze doen onder andere dienst als droge overwinteringsplaats. Foto: Ralf Verdonschot.

Figure 3.2: Structural elements in the form of alder trunk bases and grass tufts, as shown here in an alluvial forest along the Strijper Aa (Leenderstrijp, North Brabant), are essential for terrestrial invertebrates: for example, they provide dry wintering places. Photo: Ralf Verdonschot

Voor veel aquatische ongewervelden vormt juist het winterhalfjaar, en dan met name herfst en voorjaar, de meest actieve periode. Broekbossen kunnen beschouwd worden als najaarswateren volgens de definitie van Wiggins et al. (1980), oftewel water bevattend vanaf circa oktober tot uiterlijk juni het volgende jaar. Wanneer in het najaar inundatie optreedt van de laaggelegen delen van het bos en de terrestrische fauna verdwijnt of inactief wordt, treden de aquatische soorten naar de voorgrond. Door Wiggins et al., (1980) worden vier strategieën onderscheiden binnen deze groep ongewervelden:

1. Overzomerende residenten. Alleen in staat tot passieve dispersie, deze dieren overzomereren in diapauze in het broekbos in een droogteresistent levensstadium, hetzij als adult, juveniel, ei of cocon. Komt voor bij meiofauna (o.a. Copepoda, Cladocera, Ostracoda) en bij macrofauna (Oligochaeta, Mollusca).
2. Overwinterende najaar- of voorjaarontwikkelaars die in staat zijn tot actieve dispersie. Eiafzet afhankelijk van water, reproductie moet dus plaatsvinden laat in het najaar nadat inundatie heeft plaatsgevonden of in het voorjaar voordat water verdwenen is. Overzomereren in broekbos als adult.
3. Overwinterende voorjaarsontwikkelaars. Ovipositie onafhankelijk van water, adulten zetten eieren af op droge bodem in de zomer. Na inundatie komen eieren uit. Steekmuggen (Culicidae) van genera *Aedes* en *Ochlerotatus*, Trichoptera: *Trichostegia minor*.
4. Niet in het broekbos overwinterende voorjaarsmigranten. Ovipositie afhankelijk van water, adulten koloniseren geïnundeerd broekbos in het vroege voorjaar vanuit nabijgelegen permanente wateren. Snelle ontwikkeling, zodat nieuwe generatie adulten het broekbos voor de zomer weer kan verlaten. Veel Coleoptera en Hemiptera.

Het samenspel tussen inundatie en het bodemreliëf van het broekbos is van groot belang voor de fauna. Laaggelegen delen in het broekbos, bijvoorbeeld plekken waar de wortelkluif van een omgevallen boom heeft gezeten, oude meanders of door de mens gegraven greppels, kunnen langer water bevatten dan hoger gelegen delen en zo meer mogelijkheden bieden voor aquatische ongewervelden (Fig. 3.3). Deze restwateren kunnen bijvoorbeeld als refugium dienen voor soorten die permanent water nodig hebben. Wanneer de poeltjes tijdelijk worden verbonden bij inundatie, kunnen soorten zich door het water verplaatsen. Vice versa, permanent onverzadigde bulten op de bosbodem kunnen dezelfde rol vervullen voor de terrestrische fauna. De overgangen tussen beide typen zijn uitermate geschikt voor semi-aquatische soorten. Kortom, het hydrologisch regime in een broekbos kan dus sterk gedifferentieerd zijn en juist deze heterogeniteit leidt ertoe dat een groot aantal soorten tegelijkertijd in het bos kan voorkomen.

Tijdens inundatie treden er grote veranderingen op in fysisch-chemische omstandigheden, zoals zuurstofbeschikbaarheid (Sharitz & Batzer, 1999). De samenstelling van de bodem/strooisellaag (hoeveelheid strooisel, voedselrijkdom bodemsubstraat) speelt hierbij een grote rol. Aangezien de meeste broekboswateren sterk saproob zijn, komen anoxische of hypoxische omstandigheden veel voor, met name op het moment dat de

watertemperatuur relatief hoog is (najaar en voorjaar). Productie door waterplanten (bijv. *Hottonia palustris*) en algen (met name diatomeeën in het vroege voorjaar, wanneer voldoende zonlicht kan doordringen tot in het water) is relatief laag ten opzichte van het verbruik bij de afbraak van organisch materiaal. De meeste ongewervelden hebben daarom aanpassingen aan de lage zuurstofbeschikbaarheid, zowel de aquatische fauna als de onder water overwinterende (semi-)terrestrische fauna (Van der Valk, 2006; Mendelsson & Batzer, 2006).



Figuur 3.3: Lager gelegen delen in broekbossen bevatten vaak langdurig water, wat ze zeer geschikt maakt als habitat voor aquatische ongewervelden. Kromhurken, Bergeijk (NB). Foto: Ralf Verdonschot.

Figure 3.3: Lower lying parts in alluvial forests often contain more or less stagnant water, which makes them very suitable as habitat for aquatic invertebrates. Kromhurken, Bergeijk (North Brabant). Photo: Ralf Verdonschot.

Er kunnen twee hoofdgroepen worden onderscheiden: luchtademhalers en waterademhalers (Eriksen et al., 1984). Met name luchtademhaling komt veel voor. Sommige soorten nemen een luchtbel mee onder water (waterkevers) terwijl anderen adembuizen hebben waarmee ze direct contact met de lucht kunnen hebben (larven van vliegen en muggen). Een bijzondere vorm van luchtademhaling komt voor bij sommige muggen- (*Coquilleltidia richiardii*) en keverlarven (o.a. *Donacia*): deze boren met hun adembuis de met lucht gevulde weefsels van de moerasplanten aan. Soorten waarbij zuurstof uit het water wordt opgenomen hebben verschillende aanpassingen om aan hun zuurstofvraag te kunnen voldoen. Deze aanpassingen kunnen fysiologisch zijn, zoals het kunnen overschakelen naar een anaeroob metabolisme bij een lage zuurstofbeschikbaarheid of het hebben van hemoglobine of andere zuurstofbindende verbindingen in de lichaamsvloeistof om zuurstofopname te bevorderen. Daarnaast komen ook gedragsaanpassingen voor. Verdermuglarven (Diptera: Chironomidae) en borstelwormen (Oligochaeta: Tubificidae), die vaak in zelf geconstrueerde buisjes leven, maken wapperende bewegingen om watercirculatie op gang te brengen waardoor

meer zuurstof aangevoerd wordt. Op grotere schaal is mobiliteit belangrijk, waardoor soorten in staat zijn zich te verplaatsen naar meer zuurstofrijke delen van het waterlichaam.

Verder kunnen hoge nutriënten-, macro-ionenconcentraties en humuszuren zowel positieve en negatieve effecten hebben op zowel de aquatische als de overwinterende (semi-)terrestrische fauna (Williams, 2005; Van der Valk, 2006). Wanneer in het najaar inundatie optreedt komen veel voedingsstoffen vrij uit de afgevallen bladeren en de bodem. Algen kunnen profiteren van deze piek in voedingsstoffen en kunnen vervolgens weer als voedsel dienen voor de macrofauna. Negatieve effecten kunnen optreden wanneer voor organismen schadelijke stoffen vrijkomen, bijvoorbeeld als zuurstofloze omstandigheden optreden (toxische verbindingen zoals sulfide en nitriet) de zuurgraad van het water sterk daalt of veel humuszuren vrijkomen. De concentratie opgeloste stoffen in het water varieert meer in tijdelijke wateren dan in permanente wateren. Dit is het gevolg van een combinatie van uitdroging, wateraanvulling en bevrozing gedurende de inundatieperiode. De elektrische geleidbaarheid kan bijvoorbeeld wel met een factor 4 fluctueren gedurende de inundatieperiode (Williams, 2005).

3.2.2 Microklimaat

In de zomer heerst in een broekbos een uitgesproken koel en vochtig microklimaat (Darell & Cronberg, 2011). Het bladerdak zorgt ervoor dat er in de zomer weinig licht tot op de bosbodem doordringt en de verdamping geremd wordt, wat nog verder versterkt kan worden door de vegetatiestructuur van de kruidlaag. Dit heeft tot gevolg dat de (water) temperatuur in het broekbos en tussen het strooisel gedempt de fluctuaties buiten het bos volgt, met relatief hoge minimumtemperaturen en lage maximumtemperaturen. Verder is de luchtvochtigheid continu hoog omdat de grondwaterspiegel niet ver onder het maaiveld ligt en windwerking weinig effect heeft tussen de vegetatie. Veel hygrofiele (semi-)terrestrische bossoorten (o.a. loopkevers) maar ook aquatische ongewervelden zoals de schaatsenrijder *Gerris lateralis* zijn gebonden aan deze combinatie van weinig licht, een hoge bodem- en luchtvochtigheid en een relatief lage temperatuur, welke vaak noodzakelijk is voor de ontwikkeling tot volwassen dier (Turin, 2000; Aukema, 2002; Lambeets et al. 2009).

Voor de aquatische organismen is dit specifieke microklimaat minder belangrijk, omdat deze soorten zich meestal ontwikkelen op het moment dat er geen of weinig blad aan de bomen zit. Toch is de watertemperatuur van groot belang. Aangezien bij de meeste aquatische organismen alleen groei optreedt boven een bepaalde watertemperatuur, is met name het voorjaar geschikt als ontwikkelingsperiode, simpelweg omdat de temperatuur dan hoger is. Wanneer inundatie vroeg genoeg in de herfst optreedt, is ook groei in deze periode mogelijk, gevolgd door een diapauze in de winter. Opnieuw zijn dus de start van de inundatie en de lengte van de inundatieperiode van groot belang. De temperatuur van het water wordt gestuurd door de herkomst van het inundatiewater (aandeel grondwater), het microklimaat dat heerst in het broekbos en de hoeveelheid zoninstraling. Verder kan de troebelheid van het water en de kleur van het bodemsubstraat invloed hebben op de hoeveelheid warmte dat in het water geabsorbeerd wordt (Williams, 2005).

Heterogeniteit in het microklimaat van broekbossen treedt op na het afsterven en/of omvallen van bomen, de zogenoemde 'gap-dynamics' (Batzer

et al., 2006). Wanneer een boom omvalt in het broekbos creëert dit een opening in het bladerdak, waardoor meer licht de bodem kan bereiken. Dit leidt direct tot andere omstandigheden en wordt verder versterkt door veranderingen in de vegetatiestructuur en plantensoortensamenstelling op deze open plek. In sterk kwelgevoedde –en daardoor erg natte – broekbossen ontstaan vaak veel van dit soort open plekken, waardoor het bos meer het karakter van een moeras krijgt. Echter, kwantitatieve informatie over de relatie tussen de mate van beschaduwing en de samenstelling van de levensgemeenschap ontbreekt.

3.2.3 Samenstelling en beschikbaarheid organisch materiaal

De grote hoeveelheid elzenblad dat in de herfst op de bodem terecht komt en de daarmee geassocieerde micro-organismen tijdens het afbraakproces zijn de voornaamste voedselbronnen voor veel ongewervelden. Herbivorie speelt een onderschikte rol, en beperkt zich vooral tot het afgrazen van algen door bijvoorbeeld slakken (Taylor & Batzer, 2010). Voor detritivore ongewervelden, zoals miljoenpoten, (water)pissebedden, kokerjuffers en kevers, is met name de hoeveelheid en samenstelling van het strooisel (o.a. C/N ratio, hoeveelheid beschikbaar P) van groot belang (Uetz et al., 1979; Coleman et al., 2004; Tajovský & Wytwer 2009). Het gaat voor deze dieren hooguit om de bovenste centimeters van de bodem, waar nog bladeren en takjes aanwezig zijn en de daaronder liggende gedeeltelijk omgezette laag organisch materiaal. De hoge grondwaterstand in broekbossen heeft tot gevolg dat de fauna in de onderliggende bodem relatief soortenarm is. In feite zijn alleen de bovenste paar centimeter van de bodem geschikt als habitat; de zuurstofloze omstandigheden in de permanent met water verzadigde dieper gelegen delen maken dit milieu te extreem voor de meeste soorten.

Wormen vormen de belangrijkste groep macrofauna in het strooisel van een broekbos en spelen een belangrijke rol in het functioneren van het broekbosecosysteem. Zo waren de aardwormen (*Lumbricus*) in een beekbegeleidend broekbos in Michigan (V.S.) in staat 94% van de jaarlijkse bladval binnen 4 weken te consumeren (Knollenberg et al., 1985). Op de geïnundeerde plekken spelen waterpissebedden (Isopoda: Asellidae), kokerjuffers (Trichoptera: Limnephilidae) en keverlarven (Coleoptera: Scirtidae) een belangrijke rol bij de omzetting van grof naar fijn organisch materiaal.

Naast het strooisel is ook hout, in de vorm van afgevallen takken en omgevallen bomen, op de bosbodem van groot belang. De rottende boomstammen worden naast een refugium bij inundatie ook gebruikt als voedselbron voor larven van diverse hout-etende kevers, vliegen en muggen. De mossen en paddenstoelen die op het hout voorkomen vervullen een belangrijke rol voor veel soorten als schuilplaats of voedselbron (Rief, 1996).

3.3 Karakteristieke fauna

De kennis van de (semi-)terrestrische en aquatische fauna van broekbossen is zeer beperkt in vergelijking met die van andere habitattypen; er is in het verleden vrijwel geen aandacht aan dit type habitat besteed door entomologen. Dit heeft mogelijk te maken met de bijzondere positie die broekbossen innemen als een semi-aquatisch milieu, waardoor het aan de aandacht van zowel de terrestrische als aquatische onderzoekers is ontsnapt. Verder speelt de slechte toegankelijkheid van elzenbroekbossen en mogelijk

ook de grote overlast door steekmuggen een rol, waardoor andere onderzoeksoBJECTEN geprefereerd werden. Dit is overigens niet beperkt tot de Nederlandse broekbossen maar een wereldwijd probleem, zoals Batzer en Wissinger (1996) aangaven in een review naar ongewervelden in moerassen:

"Learning more about the ecology of invertebrate communities in forested floodplains should become a research priority."

3.3.1 Fauna van de niet met water verzadigde bosbodem

Loopkevers en spinnen vormen verreweg de meest uitgebreid onderzochte (semi-)terrestrische groepen ongewervelden in broekbossen (Bijlage 1, 2). Op basis van de gegevens over deze groepen kan gesteld worden dat er geen soorten zijn die alleen voorkomen in elzenbroekbossen; typisch voor een goed ontwikkeld nat elzenbroekbos is een hoog aandeel vochtminnende en lichtschuwe soorten (Nötzold 1996; Stańska et al., 2002, Stańska 2007) (Figuur 3.4). De samenstelling van de levensgemeenschappen vertoont, afhankelijk van de onderzochte taxonomische groep, overlap met enerzijds andere (vochtige) bostypen en anderzijds moerasvegetaties en natte graslanden. De overeenkomsten tussen de spinnen- en loopkeverfauna de laatstgenoemde typen is inzichtelijk gemaakt in het onderzoek naar moerassen in beekdalen (OBN-onderzoek Effecten van maaibeheer op ontwikkeling van levensgemeenschappen van kleine zeggenmoerassen in beekdalen, *in prep.*). Hieruit kwam naar voren dat de spinnenlevengemeenschappen van Oost Europese elzenbroekbossen wezenlijk verschilden van meer open natte vegetatietypen zoals zeggenvegetaties, rietlanden en natte graslanden (Tabel 3.2). Uit de soortensamenstelling van de levensgemeenschappen bleek dat er wel veel overlap was in soortensamenstelling met andere bostypen, zoals ook beschreven door Stańska et al. (2002). Ook kwam meer dan de helft van de soorten ook voor in open habitats, zoals veenmoerassen, rietlanden en zeggenvegetaties en een kwart zelfs alleen in open habitats. Voor loopkevers was er zeer veel overlap in de samenstelling van de levensgemeenschappen van broekbossen en die van diverse typen natte graslanden (Tabel 3.2). Riegel (1996) en Turin (2000) maken ook melding van deze overlap. Mogelijk speelt het open karakter van veel broekbossen hier een rol in. Kwantitatieve gegevens hierover ontbreken echter.

Wanneer de verdeling van individuen over de verschillende keverfamilies in een nat elzenbroekbos wordt bekeken, komt de hygrofiële component van de levensgemeenschap ook duidelijk naar voren (Tabel 3.3). In de potvallen domineerden de watertorren (Hydrophilidae; 34%), gevolgd door loopkevers (Carabidae; 31%) en kortschildkevers (Staphylinidae; 22%). Uit de bodemextracties kwam een andere verdeling naar voren, maar weer met een hoog aandeel hygrofiële soorten: kortschildkevers (35%), watertorren (24%), haarvleugelkevers (Ptiliidae; 16%), en loopkevers (8%) (Nötzold, 1996). Veel van de aangetroffen Hydrophilidae, Carabidae en Staphylinidae leven rondom de waterlijn en zijn dus sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van oppervlaktewater, direct of indirect via voedselbeschikbaarheid (detritus, algen langs de waterlijn en de springstaarten die hierop foerageren als prooidieren). Voor groepen zoals landslakken (o.a. *Carychium minimum*, *Euconulus alderi*, *Deroceras laeve*, *Vertigo antivertigo* en *Vertigo moulinsiana*) en duizendpoten (*Lithobius curtipes*) lijkt een vergelijkbaar beeld naar voren te komen (Berg & Evenhuis, 2001; Vercoutere, 2002; Boesveld, 2005; Tajovský & Wytwer, 2009).

Het hydrologisch regime blijkt veruit de belangrijkste sturende milieufactor voor de soortensamenstelling van de onverzadigde zone. De aanwezigheid van inundatie is essentieel om het hygrofiele karakter van de fauna te behouden. Ondanks dat inundatie tot gevolg heeft dat soorten bepaalde aanpassingen moeten hebben om te overleven, is het voor de soorten die zich aan dit milieu hebben aangepast vaak een vereiste dat de grondwaterstand gedurende een lange periode boven het maaiveld staat. Een voorbeeld hiervan is de slak *Vertigo moulinsiana*, die voorkomt in relatief open elzenbroekbossen met een goed ontwikkelde zeggenbegroeiing (Vercoutere, 2002).

Tabel 3.2: Enkele abundante soorten binnen de levensgemeenschappen van Oost-Europese broekbossen voor spinnen en loopkevers en hun preferentie voor vocht en schaduw (OBN-onderzoek Effecten van maaibeheer op ontwikkeling van levensgemeenschappen van kleine zeggenmoerassen in beekdalen, in prep.). Afkortingen en symbolen: gv, geen voorkeur; onb, preferentie onbekend; *, in de literatuur wordt melding gemaakt van het voorkomen in broekbossen; †, voorkomen in Nederland niet bekend.

*Table 3.2: Some abundant species within the Eastern European alluvial forest ecological communities for spiders and ground beetles and their preference for a humid and shady habitat (OBN study: Effects of mowing management on development of communities of small grassy marshes in brook valleys, in preparation). Abbreviations and symbols: gv, no preference; onb, preference unknown; *, in the literature, reference is made to the presence in alluvial forests; †, presence in the Netherlands not known.*

Araneae	vocht	schaduw	Coleoptera: Carabidae	vocht	schaduw
<i>Bathyphantes approximatus</i>	ja	ja	<i>Agonum viduum</i> *	ja	gv
<i>Bathyphantes nigrinus</i> *	ja	ja	<i>Agonum fuliginosum</i> *	ja	ja
<i>Bathyphantes parvulus</i>	ja	gv	<i>Badister dorsiger</i> †	gv	ja
<i>Dicymbium nigrum</i>	gv	gv	<i>Carabus granulatus</i>	ja	gv
<i>Dicymbium tibiale</i>	gv	ja	<i>Dyschirius globosus</i>	gv	gv
<i>Diplocephalus picinus</i>	gv	ja	<i>Oxypselaphus obscurus</i> *	ja	gv
<i>Diplostyla concolor</i>	ja	ja	<i>Pterostichus anthracinus</i> *	ja	ja
<i>Erigone atra</i>	gv	gv	<i>Pterostichus diligens</i>	ja	gv
<i>Gonatium rubellum</i>	gv	ja	<i>Pterostichus niger</i>	gv	gv
<i>Lophomma punctatum</i>	ja	gv	<i>Pterostichus strenuus</i> *	ja	gv
<i>Micrargus herbigradus</i>	gv	ja	<i>Pterostichus vernalis</i>	ja	nee
<i>Neriere clathrata</i>	gv	gv			
<i>Oedothorax gibbosus</i>	ja	nee			
<i>Oedothorax retusus</i>	ja	nee			
<i>Ozyptila trux</i>	ja	gv			
<i>Pachygnatha clercki</i>	ja	nee			
<i>Pachygnatha listeri</i> *	ja	ja			
<i>Pardosa lugubris</i>	gv	gv			
<i>Pirata piraticus</i>	ja	nee			
<i>Piratula hygrophilus</i> *	ja	ja			
<i>Pocadicnemis juncea</i>	ja	nee			

<i>Robertus lividus</i>	gv	ja
<i>Tallusia experta</i>	ja	nee
<i>Tapinocyba insecta</i>	gv	ja
<i>Tenuiphantes tenebricola</i>	gv	ja
<i>Trochosa ruricola</i>	ja	nee
<i>Walckenaeria atrotibialis</i>	onb	onb
<i>Walckenaeria cuspidata</i>	ja	ja
<i>Walckenaeria nudipalpis</i>	ja	gv
<i>Zora spinimana</i>	gv	gv

Tabel 3.3: Overzicht van de keverfamilies in Duitse natte elzenbroekbossen van het type *Carici elongatae-alnetum* (Nötzold 1996). Kevers zijn gevangen in 5 broekbossen in de periode mei-okt met potvallen (PV; ø 5,6 cm, tweewekelijks geleege) en door middel van bodemextracties (BE; 0.1m² strooiselmonsters; maandelijks). Geen waarde betekent niet gevonden, 0 = <0.05%.

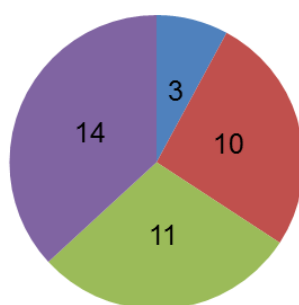
Table 3.3: List of beetle families in German wet Alder alluvial forests (*Carici elongatae Alnetum* type) (Nötzold 1996). Beetles are trapped in 5 alluvial forests in the period May to October using pot traps (PV = pot trap; ø 5.6 cm, emptied every two weeks) and in soil extracts (BE = soil extract; 0.1 m² litter samples; monthly). No value means not found, 0 = <0.05%.

Keverfamilie	Nederlandse naam	Gemiddeld aandeel (% ind.)	
		PV	BE
Halipidae	Watertreders		0.1
Dytiscidae	Waterroofkevers	0	0
Hydraenidae	Waterkruipers	0.1	5.4
Hydrochidae	Oeverkruipers		3.7
Hydrophilidae	Watertorren	34.2	24.3
Scirtidae	Moerasvloekers	0.3	0.5
Ptiliidae	Haarvleugelkevers	3.9	16.1
Cholevidae	-	0.1	0.1
Leiodidae	Truffelkevers	0.6	0
Scydmaenidae	Mierenkevertjes	0.7	0.9
Silphidae	Aaskevers	0.1	
Scraptiidae	Geschouderde spateltorren	0	
Pselaphidae	Knotskevers	3.0	4.5
Scarabaeidae	Bladsprietkevers	0	
Elateridae	Kniptorren	0	
Cantharidae	Weekschildkevers	0.1	
Ptinidae	Diefkevers	0	
Nitidulidae	Glanskevers	0.1	0.2
Monotomidae	-	0.1	
Sphindidae	-	0	
Cryptophagidae	Dwergschimmelkevers	0.8	1.8
Coccinellidae	Lieveheersbeestjes	0	
Latridiidae	Dwergspektorren	1.1	0.4
Cerambycidae	Boktorren		0.1

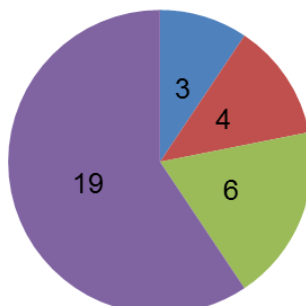
Lagriidae	Wolkevers	0.1	0.2
Chrysomelidae	Haantjes	0.5	0.8
Curculionidae	Snuitkevers	1.0	1.1
Staphylinidae	Kortschildkevers	22.3	35.2
Carabidae	Loopkevers	30.9	4.4
Gemiddeld aantal (\pm 1SD)		1206 (439)	350 (162)

Spinnen excl. Erigoninae

■ Anders
■ Vochtminnend
■ Schaduwminnend
■ Schaduw- en vochtminnend



Loopkevers



Figuur 3.4: Preferenties voor licht en vocht van spinnen (exclusief Dwergspinnen) en loopkevers in natte broekbossen. Vochtminnend wil zeggen dat de soort op vochtige plekken voorkomt, maar indifferent is wat betreft licht. Deze soorten komen bijvoorbeeld veel in moerassen voor. Schaduwminnend omvat de lichtschuwe soorten, die indifferent zijn wat betreft vocht. Deze soorten komen bijvoorbeeld ook in droge bossen voor. De combinatie schaduw- en vochtminnend omvat de soorten die vochtige donkere plekken prefereren. Tenslotte omvat de groep anders zowel soorten die indifferent zijn voor beide factoren of nu juist lichte of droge omstandigheden prefereren. Zie bijlage 1 en 2 voor de soortenlijsten van diverse broekboslocaties, alleen soorten met een frequentie >1 zijn gebruikt. Preferenties gebaseerd op Turin (2000) en Roberts (2009).

Figure 3.4: Spiders' (excluding Dwarf spiders) and ground beetles' preferences for light and moisture in wet alluvial forests.

Nötzold (1996) nam een duidelijke degradatiegradiënt waar bij toenemende verdroging van broekbossen. Grofweg werden drie degradatiestadia onderscheiden:

1. Natte broekbossen, grondwater constant hoog (bodemvocht >75%), met winterinundatie.
2. Natte broekbossen, grondwater constant hoog (bodemvocht >75%) zonder winterinundatie.
3. Vochtige broekbossen, fluctuerende grondwaterstand (bodemvocht 40-60%).

Degradatie van het broekbos door verdroging uitte zich bij loopkevers, kortschildkevers en spinnen in een sterke toename van eurytope (bos)soorten ten opzichte van de hygrofiele moerassoorten (Maelfait et al., 1995; Nötzold, 1996; Stańska, 2007). In natte broekbossen domineren de hygrofiele moerassoorten, terwijl in vochtige broekbossen eurytope bossoorten overheersen. Een sterke toename van mierensoorten duidt ook op verdroging; natte elzenbroekbossen zijn arm aan mieren door de sterke beschaduwing en een gebrek aan geschikte nestplaatsen in de natte bodem (Włodarczyk, 2010).

3.3.2 Fauna van de met water verzadigde bosbodem

In de met water verzadigde bosbodem vormen de wormen de meest in het oog springende groep. Beylich & Graefe (2002) geven een overzicht van de wormen in Duitse elzenbroekbossen (Bijlage 3). Sommige soorten leven alleen in het bovenste gedeelte van de met water verzadigde bodem (bijv. *Eiseniella tetraedra*, *Cognettia glandulosa*), waar voldoende zuurstof kan doordringen, terwijl andere soorten (bijv. *Octolasion tyrtaeum tyrtaeum*) bestand zijn tegen een lage zuurstofbeschikbaarheid. Deze laatste groep kan ook wat dieper in de bodem voorkomen, maar echt diep gravende soorten komen niet in broekbossen voor. Voor broekbossen hebben Beylich & Graefe (2002) zelfs een eigen gemeenschap vastgesteld (analoog aan plantengemeenschappen), namelijk het Eiseniellion: de gemeenschap van met water verzadigde bodems met een slechte zuurstofvoorziening en een hoge basenverzadiging. Echter, specifiek voor elzenbroekbossen zijn deze wormen niet; ze komen in allerlei vochtige habitats voor.



*Figuur 3.5: Enkele aquatische organismen van broekbossen: 1. de kokerjuffer *Glyptotendipes pallidus*, 2. een Scirtidae larve en 3. de larve van een verdermug (*Tanypodinae*) in een dip-monster afkomstig uit het Voltherbroek (Denekamp, OV). Foto: Ralf Verdonshot.*

*Figure 3.5: Some aquatic organisms from alluvial forests: 1. Caddisfly *Glyptotendipes pallidus*, 2. Scirtidae larva and 3. midge larva (*Tanypodinae*) in a dip sample originating from the Voltherbroek (Denekamp, Overijssel). Photo: Ralf Verdonshot.*

3.3.3 Aquatische fauna

Het aantal soorten van de verschillende taxonomische hoofdgroepen dat in broekbossen kan voorkomen is beperkt in vergelijking met andere watertypen (Sharitz & Batzer, 1999). Toch zijn een aantal groepen er bijzonder succesvol, met name diverse muggen- en vliegenfamilies (circa 75% van de totale abundantie insecten in Zweedse elzenbroekbossen; Persson Vinnersten et al. 2010). Hoe succesvol de aquatische ongewervelden van de verschillende groepen zijn in een broekbos hangt sterk af van de inundatieduur, en dan met name de timing van het begin en het einde van de inundatieperiode (Wissinger, 1999; Williams, 2005). De hoogste soortenrijkdom in tijdelijke wateren wordt bereikt bij een inundatieperiode van 150 tot 250 dagen (Williams, 2005). Des te langer in het voorjaar water beschikbaar is, des te meer aquatische soorten er in staat zijn hun levenscyclus te voltooien. Hiermee is de samenstelling van de aquatische fauna een zeer goede indicator voor het hydrologische regime van het broekbos (Fig. 3.5).

Aspectbepalend voor de aquatische fauna van broekbossen zijn de diverse muggenfamilies. In het zomerhalfjaar zijn steekmuggen bijzonder talrijk en kunnen een bezoek aan een elzenbroekbos bijzonder onaangenaam maken (Schäfer et al., 2008; Verdonshot, ongepub. data). Soorten van de genera *Culiceta*, *Aedes*, *Anopheles* en *Ochlerotatus* kunnen zeer hoge dichtheden bereiken. Met name op plekken met een korte inundatieduur zijn steekmuggen bijzonder talrijk; hoe langer de plek water bevat des te minder

steekmuglarven komen er voor, onder andere door verhoogde predatiedruk van bijvoorbeeld waterkevers (Lunkvist et al., 2003). Ook vedermuggen komen in hoge aantallen voor. De gemiddelde dichtheid van vedermuggen in het voorjaar in Zweedse elzenbroekbossen varieerde tussen de 264 tot 6777 individuen per m² (Lundström et al., 2010). De subfamilie Orthocladiinae domineerde de chironomidenfauna, gevolgd door de Chironominae en Tanypodinae. Enkele genera werden algemeen aangetroffen in broekbossen: *Limnophyes*, *Metriocnemus*, *Paraphaenocladus*, *Pseudorthocladus*, *Pseudosmittia*, *Krenopelopia*, *Telmopelopia* en *Xenopelopia* (Moller Pillot, 1984; Lundström et al., 2010). Chironomiden zijn een zeer soortenrijke groep muggen met een grote diversiteit wat betreft habitatgebruik, gedrag en voedselkeuze. Welke soorten precies in de Nederlandse broekbossen voorkomen is echter onduidelijk, wat verassend is gezien de hoge dichtheden waarin deze muggen in broekbossen kunnen voorkomen. In tegenstelling tot de steekmuggen kan het voorkomen van bepaalde soorten vedermuggen specifieke milieumomstandigheden indiceren (saprobie, kwel, inundatieduur etc.). Mogelijk kan deze groep dus een indicatorrol vervullen in elzenbroekbossen. Andere qua abundantie belangrijke groepen muggen zijn de langpoot-, stelt- en meniscusmuggen (Tipulidae, Limnoniidae en Dixidae) (Rief, 1996; Disney, 1999). Verder kunnen op geïnundeerde plekken Ceratopogonidae, Dixidae, Psychodidae en Ptychopteridae gevonden worden. Over de ecologie van deze groepen is echter weinig bekend, waardoor hun rol als indicator voor de milieumomstandigheden in broekbossen beperkt is.

Naast muggen kan ook een groot aantal kokerjuffersoorten van de familie Limnephilidae en enkele Phryganeidae worden waargenomen in de Nederlandse broekbossen. Deze soorten zijn of volledig aangepast aan uitdroging of hebben een (semi)-terrestrische levenswijze. Kokerjuffers zijn over het algemeen zeer indicatief voor de op een locatie heersende milieumomstandigheden. Interessant is dat veel soorten zowel in broekbossen als in langzaam stromende beken voorkomen. Vaak is de aanwezigheid van sterke kwel een belangrijke vereiste. Het volwassen terrestrische stadium stelt meestal ook eisen aan de aanwezige habitatstructuur. Het aantal waarnemingen van de meeste (potentiële) broekbossoorten in Nederland is zeer beperkt (Higler, 2008). Of dit een artefact van de lage bemonsteringsinspanning in broekbossen is, of het gevolg van het verdwijnen van geschikt habitat is onduidelijk. In diverse elzenbroekbossen in Overijssel waren larven van *Trichostegia minor* en *Glyphotaelius pellucidus* talrijk (R. Verdonshot pers. obs.) en van deze eerste soort maken ook Van der Hoek & Cuppen (1989) melding. Móra et al. (2004) meldt *Ironoquia dubia* in een Hongaars elzenbroekbos. Door de specifieke habitateisen van de meeste soorten is het zeer waarschijnlijk dat de ecologische kwaliteit van een broekbos kan worden afgeleid op basis van de kokerjuffersoorten die er voorkomen.

Kevers werden gedeeltelijk al behandeld bij de (semi-)terrestrische soorten. De volledig aquatische groepen vormen ook een belangrijke ecosysteemcomponent in de geïnundeerde zones van het broekbos; de Dytiscidae vormen de belangrijkste groep predatoren binnen het aquatische milieu en groepen zoals Hydrophilidae en Scirtidae spelen een rol bij de afbraak van organisch materiaal (Wissinger, 1999). Zoals Wiggins et al. (1980) al beschreven (zie paragraaf hydrologisch regime) koloniseren veel adulte waterkevers het geïnundeerd broekbos in het vroege voorjaar vanuit nabijgelegen permanente wateren. Voorbeelden hiervan zijn de soorten van de genera *Haliphus*, *Hydaticus*, *Rhantus*, *Acilius* en *Hydrochara* (Bijlage 4). Deze vaak ubiquistische soorten zijn niet erg karakteristiek voor het systeem; hun functionele rol als predator is echter wel zeer relevant voor het

functioneren van het broekbosvoedselweb. Andere verschijnen vrijwel direct nadat inundatie is opgetreden, hetzij omdat ze ingegraven in het substraat zaten of direct vanuit de omgeving het water koloniseren: sommige soorten van de genera *Agabus*, *Ilybius*, *Hydroporus*, *Helophorus*, *Anacaena* (Williams, 2005).

Behalve de hierboven opgesomde soortenrijke groepen zijn er ook geringere aantallen soorten van andere groepen aan te treffen. Sommige hiervan zijn zeer abundant. Waterpissebedden (Isopoda: Asellidae; o.a. *Asellus aquaticus*) zijn zeer talrijk aan te treffen in broekbossen en vormen naast de Scirtidae-keverlarven de belangrijkste detritivoren binnen het aquatische broekbosecosysteem. Ook aquatische borstelwormen (Oligochaeta: Tubificidae) zijn talrijk, zoals *Lumbriculus variegatus*. Deze wormen voeden zich met het fijn organisch materiaal dat na afbraak van het ingevallen blad overblijft. Verder is een aantal aquatische mollusken in broekbossen te vinden. Er komen vooral soorten voor met aanpassingen aan droogval, zoals *Anisus leucostoma* en diverse *Pisidium*-soorten. Daarnaast zijn er soorten met een semi-terrestrische levenswijze te vinden (*Stagnicola palustris* complex). Wanneer (rest-)poelen in het broekbos permanent water bevatten kunnen ook bloedzuigers worden aangetroffen (soorten van de families Glossiphoniidae en Erpobdellidae). Bloedzuigers zijn predatoren en vormen zo naast de waterkevers een belangrijke component van het hoogste trofische niveau.

3.3.4 Fauna van de kruiden, struiken en bomen in het broekbos

Naast de bodemfauna zijn er ook veel soorten te vinden in de kruid-, struik- en boomlaag van het broekbos (Ambsdorf, 1996; Ścibior & Dunus, 2006). De boomkruinen zijn een voorspelbaar en stabiel habitat ten opzichte van de bodem, zonder bijvoorbeeld de grote veranderingen geïnduceerd door het hydrologische regime of andere milieuvariabelen. Groot verschil met de bodemfauna is een relatief groot aandeel herbivoren (bladeters, sapzuigers, mineerders, galvormers). Veel soorten voeden zich met elzen of wilgen. In een Duits elzenbroekbos nam Ambsdorf (1996) waar dat vooral de randen van broekbossen werden geprefereerd; de dichtheden en soortenrijkdom in de boomkruinen in het centrale deel van het broekbos waren beduidend lager dan in de overgang naar andere habitattypen. Het was dan ook niet verwonderlijk dat geen van de soorten specifiek was voor elzenbroekbossen.

3.3.5 Overige fauna

Het hele jaar zijn er zoogdieren in het broekbos aan te treffen, maar de soortensamenstelling en abundantie wisselt sterk in de tijd. Voor de meeste soorten is het broekbos slechts een van de landschapselementen waar gebruik van gemaakt wordt (Dobrowolski et al. 1993). Echter, twee zoogdieren verdienen door hun levenswijze speciale aandacht: de waterspitsmuis (*Neomys fodiens*) en de bever (*Castor fiber*). De waterspitsmuis leeft langs beken en in de aanliggende broekbossen. Deze spitsmuis leeft langs de waterlijn en voedt zich met (semi-)terrestrische ongewervelden, maar jaagt ook wel in het water op aquatische macrofauna (Churchfield & Rychlik 2006). De soort heeft diverse aanpassingen aan het aquatische milieu, zoals stijve haren aan poten en staart en een speciale samenstelling van de vacht. De bever kan beschouwd worden als een zogenoemde 'ecosystem engineer' en kan een sleutelrol vervullen bij het ontstaan van broekbossen (Wright et al. 2002). Het afdammen van beken door bevers kan leiden tot grootschalige inundaties binnen het beekdal, die

kunnen leiden tot het ontstaan van broekbossen. Echter, bij langdurige of permanente inundaties wordt de vorming van wilgenbossen in de hand gewerkt, omdat deze omstandigheden weinig geschikt zijn voor elzen.

Voor vogels zijn elzenbroekbossen een belangrijk habitat, maar er zijn geen vogelsoorten die typisch zijn voor dit habitatype. Desondanks komen er veel vogelsoorten voor, zowel als broedvogel, doortrekker en overwinteraar. Het grootste gedeelte van de soorten zijn bosvogels; moerasvogels komen relatief weinig voor in broekbossen, zelfs als aangrenzend aan het bos open moerasgebieden liggen (Dobrowolski et al. 1993). Wesołowski et al. (2006) beschrijven de vogelstand van een oud, goed ontwikkeld elzenbroekbos van 25 hectare op basis van 30 jaar monitoring in het Białowieża nationaal park, Polen. Op deze locatie werden de volgende broedvogels waargenomen met een dichtheid >1 paar per hectare: Vink, Roodborst, Tjiftjaf, Zwartkop, Zanglijster, Merel, Pimpelmees, Koolmees, Heggenmus, Appelvink, Winterkoning, Fluiters, Goudhaan, Bonte Vliegenvanger, Houtduif, Boomklever, Boomkruiper, Zwarte Mees, Grauwe vliegenvanger, Grote bonte specht, Middelste Bonte specht en Glanskop. Vertaald naar de Nederlandse situatie is dit een goed ontwikkelde bosvogelgemeenschap.

3.4 Conclusies, discussie

Geconcludeerd kan worden dat het hydrologisch regime van elzenbroekbossen een doorslaggevende rol speelt voor de fauna. Overige sturende factoren hangen direct of indirect samen met het optreden van periodieke inundaties. Een elzenbroekbos waar niet enige tijd oppervlaktewater aanwezig is, kan faunistisch gezien niet als broekbos worden aangemerkt. Zowel de semi-terrestrische als de aquatische fauna (o.a. kevers, spinnen, vedermuggen en kokerjuffers) vormen een goede graadmeter van dit hydrologisch regime en kan als zodanig een indicatorrol vervullen bij bijvoorbeeld verdrogingsvraagstukken.

Voor elzenbroekbossen karakteristieke soorten ontbreken grotendeels; natte elzenbroekbossen worden bewoond door de moerasfauna zoals die ook in andere natte ecosystemen, zoals dotterbloemhooilanden, zeggenmoerassen en wilgenbossen kan worden aangetroffen. In principe is deze overlap qua soortensamenstelling tussen de verschillende moerashabitats niet verwonderlijk. Dotterbloemhooilanden zijn bijvoorbeeld door ontginning ontstaan uit broekbossen en vertonen qua aanwezige plantensoorten grote overeenkomsten met de ondergroei van elzenbossen. Daarnaast maken open plekken van nature deel uit van het broekbos, het is als het ware een mozaïek van meer en minder beschaduwde delen. Door ontginning zijn ten opzichte van een natuurlijke situatie scherpere structuurverschillen ontstaan tussen korte vegetaties en broekbossen, maar dit heeft blijkaar nog niet merkbaar geleid tot een specialisatie van soorten.

Ondanks de op het eerste gezicht vrij generieke habitatvoorkeur zijn veel van de moerassoorten vaak zeer karakteristiek voor goed ontwikkelde moerassen (vaak kleinschalige droog-nat gradiënten en een koel en vochtig microklimaat; Turin, 2000) en op een groter landschappelijk schaalniveau zeldzaam (Stańska, 2007). Dit laatste is waarschijnlijk vooral het gevolg van het verlies aan habitat door ontginning en verdroging. Bovendien is de soortenrijkdom van niet verdroogde broekbossen groot. De heterogeniteit die wordt gegeneerd door de in broekbossen aanwezige structuurvariatie, zoals de kleinschalige droog-nat gradiënten, heeft tot gevolg dat een groot aantal

soorten uit verschillende natte habitattypen op een relatief klein oppervlak samen kan voorkomen.

3.5 Kennishiaten

Op basis van dit hoofdstuk kan gesteld worden dat er nog veel kennishiaten zijn wat betreft de fauna van de Nederlandse elzenbroekbossen. Het is duidelijk dat het hydrologische regime de soortensamenstelling stuurt, maar een kwantificering hiervan ontbreekt. Kwantificeren van de relatie tussen de lengte en fenologie van de inundatieperiode en de soortenrijkdom, soortensamenstelling en/of levensstrategieën van aquatische en terrestrische ongewervelden in Nederlandse broekbossen heeft dus de hoogste prioriteit. Een tweede belangrijke factor is het onderzoeken van het belang van habitatheterogeniteit binnen broekbossen. Het is duidelijk dat het optreden kleinschalige gradiënten (hoog-laag, droog-nat, beschaduwd-open) belangrijk is voor de fauna. Verdroging en verruiging leiden tot het verdwijnen van dit soort mozaïeken van milieuomstandigheden en daarmee tot een verarming van de fauna. Echter, een kwantificering van de relatie tussen habitatheterogeniteit en de soortensamenstelling is noodzakelijk. Aangrijppunten hiervoor kunnen zijn:

- Vegetatiestructuurvariatie. In hoeverre reageert de fauna op de vegetatiestructuur van de kruidlaag, bijvoorbeeld de aanwezigheid van zeggenpollen? Welke consequenties heeft verruiging als gevolg van inundatie met voedselrijk beekwater?
- Droog-nat gradiënten als gevolg van bodemreliëf. Welke rol speelt het droog-nat mozaïek dat gevormd wordt door de afwisseling van bulten, boomvoeten en laagtes voor de fauna?
- Variatie in beschaduwing. Het afsterven en/of omvallen van bomen zorgt voor tijdelijke openingen en het bladerdak ('gap-dynamics') en daarmee veranderingen in de vegetatie en het microklimaat. Leidt dit tot een verrijking van de broekbosfauna door het creëren van nieuwe habitats?

Op grotere schaal is de relatie tussen het broekbos en hoger gelegen delen van het beekdal van belang. Hoeveel uitwisseling treedt er op tussen deze habitats (bijvoorbeeld tijdens inundatie of na droogval) en hoe belangrijk is deze uitwisseling voor het functioneren van het systeem? Is er bijvoorbeeld een verschil tussen een broekbos grenzend aan een droger bostype of grenzend aan een landbouwgebied?

4 Verdroging en vernatting en rol van redoxprocessen daarin

4.1 Inleiding

Er zijn nog maar weinig goed ontwikkelde broekbossen aanwezig in Nederland. Het merendeel van de broekbossen heeft te maken met verdrogingverschijnselen, meestal als gevolg van te diepe drainage in de omgeving. Daardoor neemt de aanvoer van grondwater af en daalt de grondwaterstand, met name in de zomerperiode.

Wanneer broekbossen langdurig en systematisch verdrogen kan de stikstofbeschikbaarheid sterk toenemen door mineralisatie van organisch materiaal. Nitrificatie van ammonium kan hierbij leiden tot verzuring van de toplaag en tot het versneld uitspoelen van basen (van Miegroet en Cole, 1984). De verzuring als gevolg van nitrificatie en koolzuurafgifte door planten en bodemdieren wordt door het wegvallen van grondwaterinvloed niet langer gecompenseerd door basenaanvoer met grondwater. Zo leidde mineralisatie van veen tot een sterke mobilisatie van nitraat en een afname van de basenconcentratie en pH in verdroogde broekbossen in het Westen van Noordrijn-Westfalen (Kazda, 1995). Dit ging gepaard met een sterke toename van nitrofiële soorten zoals Brandnetel, Braam en Kleefkruid en een sterke afname van de bedekking van Moeraszegge.

Een belangrijke voorwaarde voor het herstel van verdroogde broekbossen is een vermindering van de drainage in de omgeving en herstel van de grondwateraanvoer. Dat is echter niet altijd mogelijk. Daarom worden in de praktijk vaak mitigerende maatregelen genomen, waaronder het vasthouden of het inlaten van water. Deze maatregelen hebben lang niet altijd het gewenste effect. Vaak treden ongewenste eutrofiëringeffecten op.

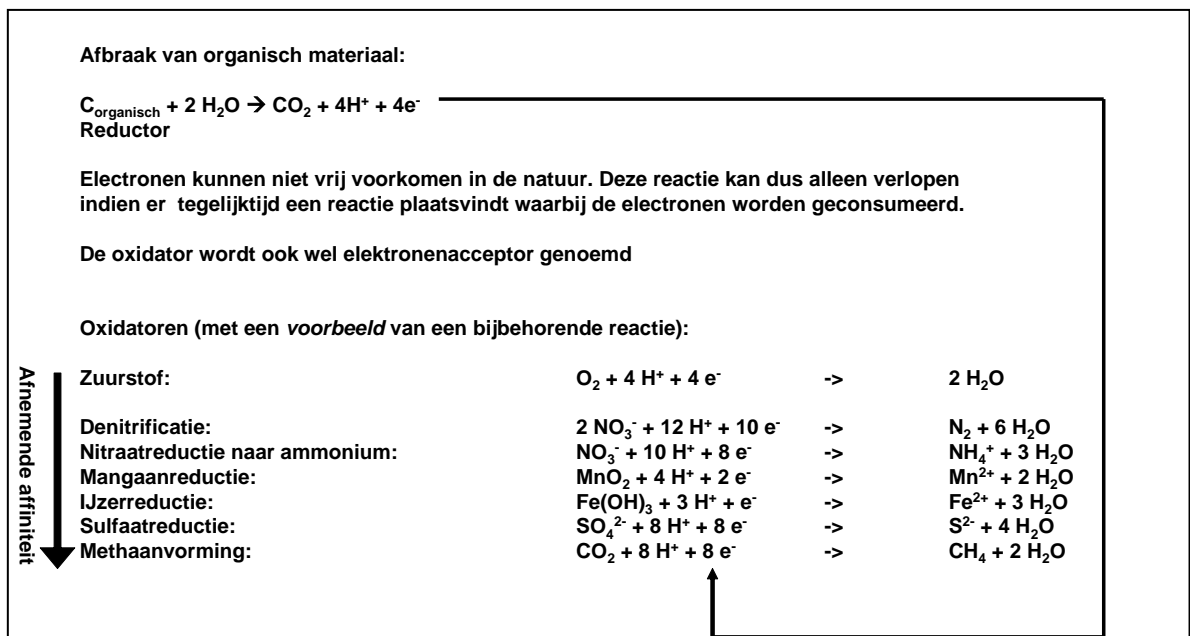
Het zijn vooral redoxprocessen die een belangrijke rol spelen bij zowel verdroging als vernatting van broekbossen. Daarom wordt in de volgende paragraaf allereerst ingegaan op de redoxprocessen die een rol spelen bij verdroging en vernatting van broekbossen. Daarbij wordt gebruikt gemaakt van de ervaringen die zijn opgedaan in diverse herstelprojecten die in de afgelopen jaren zijn uitgevoerd. Een deel van dat onderzoek is uitgevoerd in het kader van OB+N en vastgelegd in ONB-rapporten. Het gaat onder meer om het onderzoek naar vernatting van het Koelbroek door Boxman et al. (2003), onderzoek naar vernatting van het Kaldenbroek, Dubbroek en Beeselsbroek door Lucassen (2004), en het onderzoek naar bevoeiing van het Lankheet door Aggenbach (2011).

Redoxprocessen zijn ook zeer bepalend voor de effecten van grondwaterverontreiniging. In veel natuurgebieden waar nog wel aanvoer van grondwater plaatsvindt, is het grondwater verontreinigd met nitraat en/of sulfaat. Dit zijn zeer reactieve stoffen die in kwelgebieden kunnen leiden tot

redoxgestuurde bodemprocessen waarbij nutriënten en giftige stoffen vrij komen. Ook hieraan zal in volgende paragrafen aandacht worden besteed.

4.2 Redox processen

Redox processen spelen in natte systemen een belangrijke rol en zijn mede bepalend voor de beschikbaarheid van nutriënten. Voor de afbraak van organisch materiaal onder anaerobe omstandigheden is de aanwezigheid van zogenaamde alternatieve elektronenacceptoren van belang (figuur 4.1). Dit komt omdat de afbraak van organisch materiaal in wezen een redoxreactie is. Bij een redoxreactie vindt uitwisseling van elektronen plaats tussen een reductor die deze afstaat, en een oxidator die ze opneemt. Welke oxidator met welke reductor een reactie aangaat hangt af van de mate waarin elektronen gebonden zijn. Een redoxreactie kan alleen plaatsvinden wanneer er zowel een oxidator als een reductor aanwezig is. Elektronen kunnen in tegenstelling tot protonen namelijk niet vrij in de natuur voorkomen. Micro-organismen zoals schimmels en bacteriën gebruiken meestal redoxreacties om stoffen om te zetten of af te breken. De energie die hierbij vrijkomt gebruiken ze onder andere voor groei (Drever, 1997).



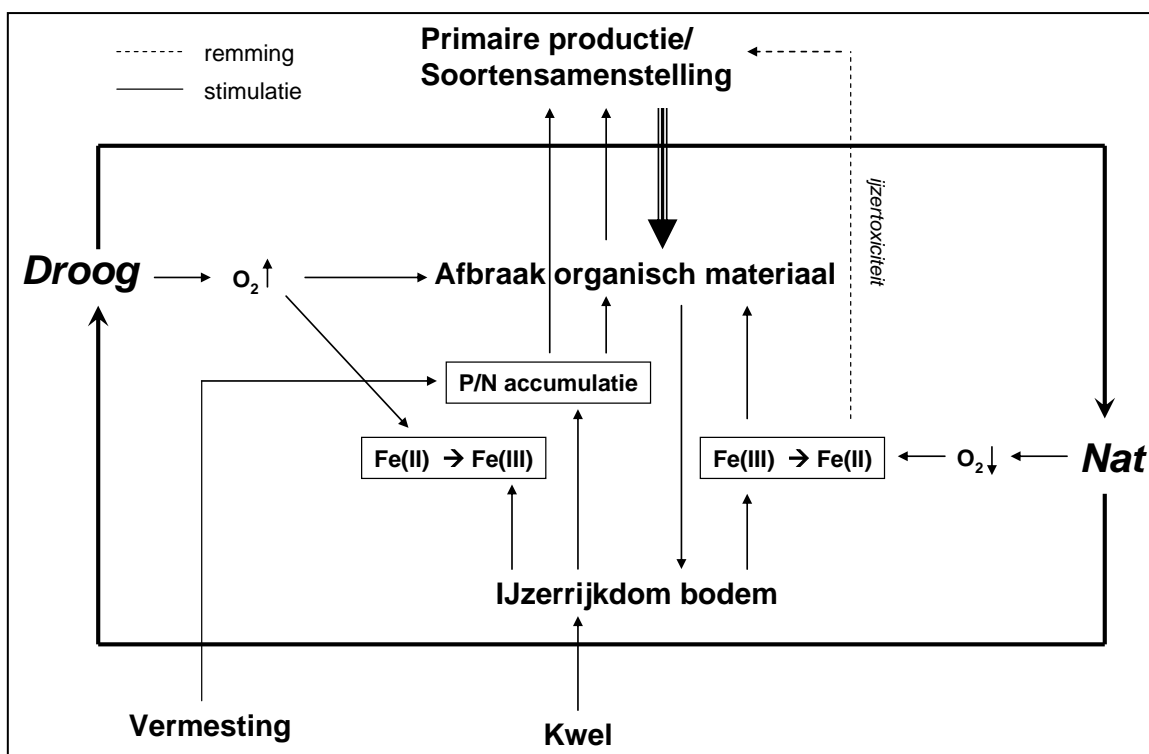
Figuur 4.1: De rol van (alternatieve) elektronenacceptoren bij de afbraak van organisch materiaal

Figure 4.1: The role of (alternative) electron acceptors in the decomposition of organic matter

Bij de oxidatie van organisch materiaal (afbraak) komen elektronen vrij en het organische materiaal fungeert dus als de reductor. Omdat zuurstof (O_2) de sterkste elektronen-acceptor is zal bij de afbraak van organisch materiaal met name zuurstof als elektronen-acceptor optreden zolang het aanwezig is. Dit betekent dat in droge bodems onder invloed van zuurstof oxidatiereacties zullen optreden. Watervverzadigde bodems zijn echter altijd zuurstofarm of volledig zuurstofloos. De diffusie van zuurstof in water verloopt namelijk 10000 maal langzamer dan in lucht. In afwezigheid van zuurstof zullen achtereenvolgens, nitraat (NO_3^-), mangaan (Mn^{4+}), ijzer (Fe^{3+}), sulfaat (SO_4^{2-}) en koolstofdioxide (CO_2) als alternatieve oxidatoren optreden (figuur 4.1).

Hierbij worden ze gereduceerd tot respectievelijk stikstofgas (N_2), stikstofoxide (N_2O) of ammonium (NH_4^+), mangaan (Mn^{2+}), ijzer (Fe^{2+}), sulfide (S^{2-}) en methaan (CH_4). De redoxpotentiaal Eh (uitgedrukt in mV), een maat voor de elektronenactiviteit, daalt naar mate de reacties moeilijker verlopen en de micro-organismen er minder energie uit kunnen halen. Bij de anaerobe afbraak van organisch materiaal wordt alkaliniteit gegenereerd en komen ammonium en fosfaat vrij (figuur 4.4).

Met uitzondering van extreem zure situaties gaat de afbraak onder invloed van zuurstof minimaal tweemaal zo snel als onder natte omstandigheden. De snelheid van afbraak onder anaerobe omstandigheden hangt mede af van de aanwezigheid van alternatieve electronenacceptoren. In niet verdroogde en vermeste broekbossen met een natuurlijk grondwaterregime heeft ijzer mogelijk een stimulerende invloed op de afbraak. De meeste elzenbroekbossen worden van nature gevoed met ijzer- en basenrijk grondwater. De organische toplaag van deze systemen wordt dan ook gekenmerkt door hoge totaal-ijzerconcentraties. Bij dalende grondwaterstanden wordt gereduceerd ijzer geoxideerd en zal er tevens afbraak plaatsvinden door aerobe micro-organismen. Als er vervolgens vernatting optreedt vindt er (anaerobe) afbraak van organisch materiaal plaats door ijzerreducerende bacteriën (figuur 4.2). Afwisselend natte en droge omstandigheden kunnen dus met name in ijzerrijke bodems leiden tot een toename van de afbraak, doordat afbraak onder anaerobe omstandigheden wordt gestimuleerd door het onder droge omstandigheden geoxideerde ijzer.

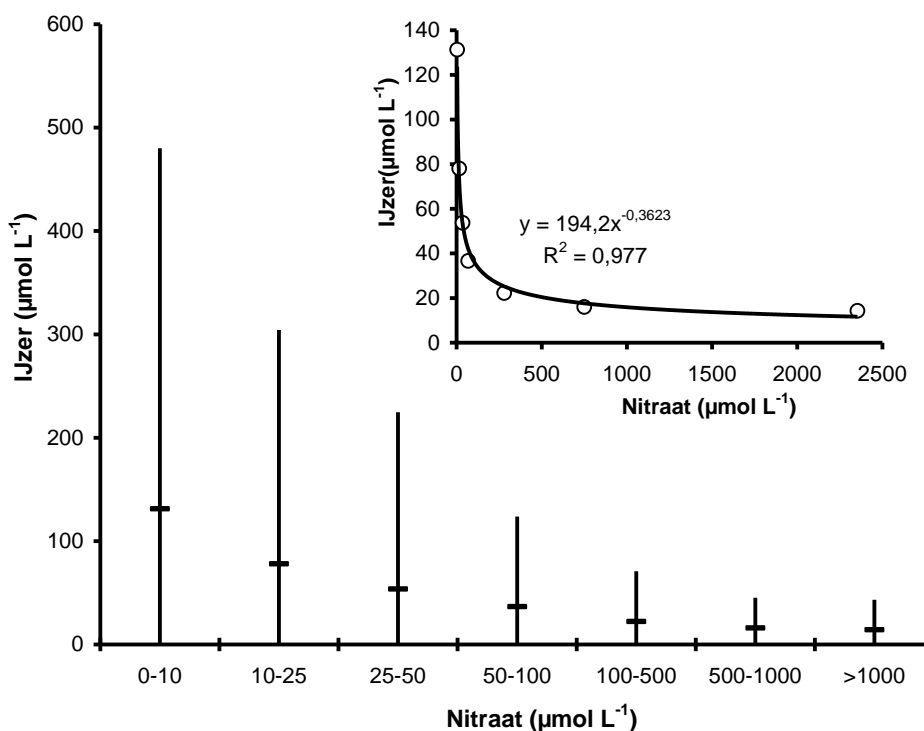


Figuur 4.2: Schematische voorstelling van de rol van ijzer en wisselende waterstanden bij de afbraak van organisch materiaal (Uit: Aggenbach e.a. 2010).

Figure 4.2: Diagram showing the role of iron and fluctuating water levels in the decomposition of organic matter (from: Aggenbach et al 2010).

Ook planten brengen met hun wortels zuurstof in de bodem waardoor ijzer in de wortelzone wordt geoxideerd. Met name in veenbodems kan complexering met (mobiele) humuszuren er voor zorgen dat het geoxideerde ijzer deels weer in de anaerobe zone terecht komt waar het achtereenvolgens organisch materiaal kan afbreken. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat de oxidatie van gereduceerd ijzer de fenoloxidase activiteit in anaerobe bodems kan stimuleren, waardoor de afbraak van organisch materiaal wordt gestimuleerd (Van Bodegom e.a., 2005).

Ook leidt de reductie van ijzer onder anaerobe omstandigheden tot een toename van de mobiliteit van fosfaat. Gereduceerde ijzerverbindingen zijn veel beter oplosbaar dan geoxideerde ijzerverbindingen waardoor de binding van fosfaat aan ijzercomplexen minder goed verloopt onder anaerobe omstandigheden. Onder aerobe condities leidt de oxidatie van ijzer tot een verbeterde binding van fosfaat waardoor de concentratie van fosfaat in het bodemvocht afneemt. Permanent natte condities leiden dus mogelijk tot minder afbraak maar ook tot een permanent verhoogde mobiliteit van P.



Figuur 4.3: Relatie tussen de nitraat- en de ijzerconcentratie van Nederlands grondwater. De figuur is gebaseerd op 1000 grondwateranalyses uit het archief van Onderzoekcentrum B-WARE. De horizontale en verticale streep geven achtereenvolgens de mediaan en de spreiding van de ijzerconcentratie weer. Inzet: regressievergelijking op basis van mediane waarden.

Figure 4.3: Relationship between the nitrate and the iron concentration of Dutch ground water. The figure is based on 1000 ground water analyses from the B-WARE Research Centre archives. The horizontal and vertical lines show the median and the distribution of iron concentration respectively. Small figure: regression equation based on median values.

In vermeste situaties kan ook nitraat de oxiderende rol van zuurstof overnemen en daarmee de anaerobe afbraak van organisch materiaal bevorderen. In Nederland heeft het freatische grondwater vaak hoge nitraatconcentraties door uitspoeling van nitraat uit overbemeste

landbouwgronden en uit (naald)bossen die doorgaans efficiënt atmosferisch stikstof in de vorm van ammonium en nitraat invangen (Smolders e.a., 2010). Dit kan leiden tot hoge nitraatconcentraties in beken die deels gevoed worden door afstromend grond- en oppervlaktewater uit landbouwgronden, maar ook in beekbegeleidende systemen waar grondwater opkwelt. De nitraatconcentraties in het voedende grondwater kunnen oplopen tot 4 mmol/L. Een gevolg van nitraatuitspoeling is dat ijzer in de ondergrond niet wordt gereduceerd en in de geoxideerde toestand achterblijft waardoor de aanvoer van ijzer via het grondwater afneemt (Smolders e.a., 2010). Nitraatrijk water is daarom over het algemeen arm aan ijzer (figuur 4.3). In extreme gevallen kan hierdoor zelfs ijzer-chlorose optreden in elzenbroekbosvegetaties waar nitraatrijke kwel uitreedt (Lucassen et al., 2004a).

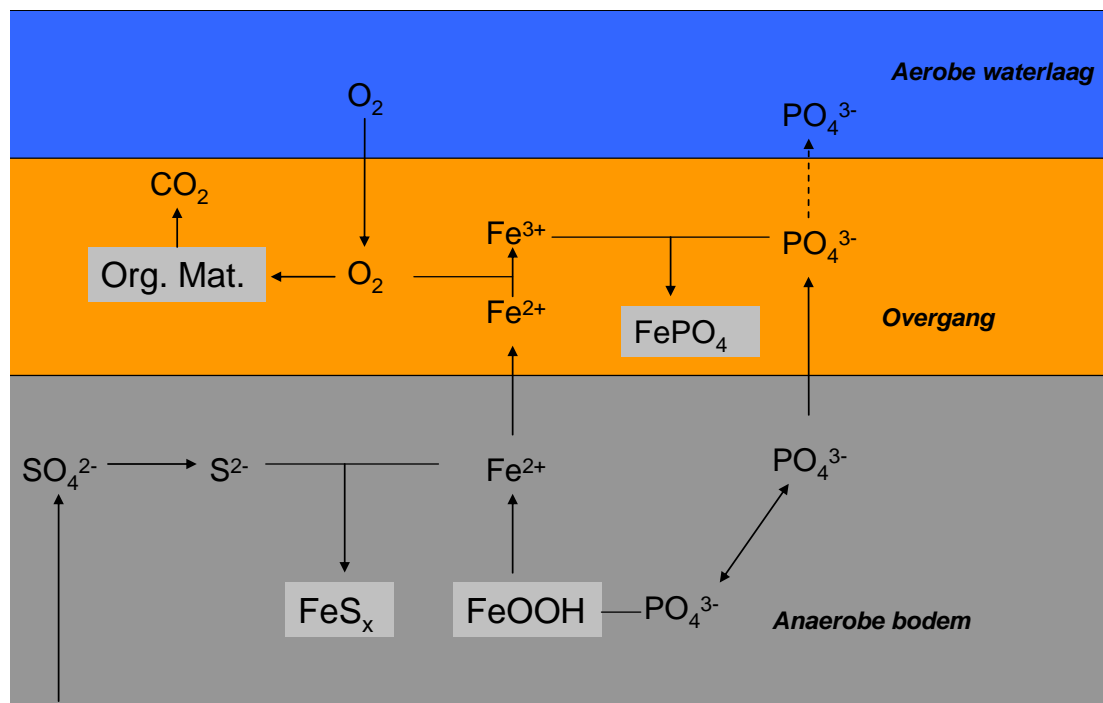
Nitraat kan tijdens het uitspoelen naar het grondwater ook reageren met pyriethoudende afzettingen in de ondergrond. Bij de oxidatie van ijzersulfiden (FeS_x) kan zowel het gereduceerde zwavel als het gereduceerde ijzer worden geoxideerd. Wanneer alleen het gereduceerde zwavel wordt geoxideerd is er sprake van een onvolledige oxidatie van pyriet. Wanneer ook het gereduceerde ijzer wordt geoxideerd is er sprake van een volledige oxidatie. In alle gevallen wordt het nitraat omgezet in stikstofgas. Wanneer nitraat in de bodem reageert met pyriet zal er een aanrijking van het grondwater plaatsvinden met sulfaat. In het Nederlandse grondwater is dan ook niet alleen sprake van een sterke toename van de nitraatconcentraties, maar ook een toename van de sulfaatconcentraties (Smolders e.a., 2010). Ook verdroging en het droog komen liggen van pyriethoudende bodemlagen, leiden tot de oxidatie van pyriet en de mobilisatie van sulfaat.

Een verhoogde belasting van het grond- en oppervlaktewater met sulfaat kan in anaerobe bodems van elzenbroekbossen leiden tot een verhoogde anaerobe afbraak van organisch materiaal. Dit komt omdat het sulfaat kan functioneren als alternatieve elektronen-acceptor onder anaerobe condities. Bij de reductie van sulfaat wordt sulfide gevormd dat sterk bindt aan vrij ijzer en ijzer afkomstig van ijzer-fosfaatcomplexen. Fosfaat wordt hierdoor mobieler en het in de bodem aanwezige vrije ijzer kan uiteindelijk uitputten. Sulfaatreductie zal in mindere mate optreden op de kwelplekken, aangezien het uittredende grondwater vaak nog zuurstof en/of aanzienlijke concentraties nitraat bevat. Dit zijn thermodynamisch gunstigere elektronen-acceptoren bij het proces van veenafbraak dan sulfaat.

De mate waarin sulfaatverrijking via het grondwater leidt tot fosfaat-eutrofiëring in broekbossen hangt van meerdere factoren af. Ten eerste heeft de mate van doorstroming (bij een flinke kwelflux of doorstroming met beekwater) effect op de mate van anaerobie van de bodem toplaag en op de mate van waarin binnen het systeem vrijgekomen nutriënten worden afgevoerd. Ten tweede speelt de kwaliteit van het grondwater (de verhoudingen tussen de verschillende potentiële elektronen-acceptoren) een belangrijke rol. De verhouding waarin sulfaat en ijzer worden aangevoerd, zal op de lange termijn bepalend zijn voor de mate waarin het ijzer in de bodem wordt gebonden aan gereduceerd zwavel. Wanneer er relatief meer ijzer dan zwavel wordt aangevoerd, zal er minder snel eutrofiering optreden onder invloed van verhoogde sulfaatconcentraties in het grondwater. Daarnaast is ook gebleken dat hoge nitraatconcentraties in het grondwater remmend werken op de mate van sulfaatreductie (door te werken als thermodynamisch gunstigere elektronen-acceptor) en leiden tot verhoogde concentraties geoxideerd ijzer (door oxidatie van FeS_x) (Lucassen e.a., 2004a).

Sulfaatreductie kan leiden tot de ophoping van sulfide in de broekbosbodems. In ijzerarme omstandigheden kan ook giftig waterstofsulfide gevormd worden die kan leiden tot wortelsterfte bij de elzen en andere plantensoorten. In langdurig anaerobe bodems kan de redoxpotentiaal uiteindelijk zo laag worden dat er een zeer sterke methaanproductie optreedt. Dit methaan hoopt in de bodem op als gasbelletjes waardoor de bodem als het ware wordt opgeblazen en zelfs kan gaan opdrijven. De elzen verliezen hierdoor hun houvast in de bodem waardoor ze omvallen (Lucassen et al., 2000b).

Het waterregime heeft een belangrijk invloed op de mate waarin anaerobie en verhoogde sulfaatconcentraties in grond- en oppervlaktewater water kunnen leiden tot eutrofiering van broekbossen. Op locaties met stagnerend oppervlaktewater (bijvoorbeeld natuurlijk laagten, opgestuwde delen) vindt maar weinig doorstroming plaats. Door afbraakprocessen in de venige bodem worden deze snel volledig anaeroob en gaat sulfaat in sterkere mate dienst doen als elektronen-acceptor. Het gevolg is dat de beschikbaarheid van ijzer in de bodem afneemt en die van fosfaat toeneemt. De verschuiving van de verhouding tussen ijzer en fosfaat in de toplaag van de bodem, leidt tot een toename van de nalevering van P (figuur 4.4). Dit proces wordt versterkt wanneer de waterlaag anaeroob wordt. Wanneer er geen aerobe bodem toplaag meer is, kan fosfaat uit het bodemvocht vrij naar de waterlaag diffunderen. Een toename van de P concentratie leidt tot een sterke groei van algen en kroos in de waterlaag (figuur 4.5, Lucassen e.a., 2004b). Ook het ammonium dat vrijkomt bij de veenafbraak kan niet worden genitrificeerd waardoor het ophoopt in de waterlaag. Een gevolg van de groei van algen en kroos is tevens dat de organische stof die hierbij wordt gevormd erg gemakkelijk afbreekt waardoor de nutriënten ook weer snel vrijkomen door afbraak.



Figuur 4.4: Vereenvoudigde weergave van de interacties tussen de ijzer-, fosfor- en zwavelkringloop.

Figure 4.4: Simplified diagram of the interactions between the iron, phosphorus and sulphur cycles.

In de zomer vallen grote delen van elzenbroekbossen van nature doorgaans droog. Dit heeft een verhogend (gunstig) effect op de redox potentiaal in de bodem. Tijdens droogval treedt oxidatie op van ijzersulfiden waarbij zuur, ijzer en sulfaat gevormd worden. Het ijzer oxideert en blijft achter in de bodem, terwijl het sulfaat mobiel is en uitspoelt naar de waterlaag. Bij een flinke doorstroming zal het grotendeels uit het gebied worden afgevoerd. Dit proces heeft een positieve invloed op de concentratie vrij ijzer en de binding



A



B

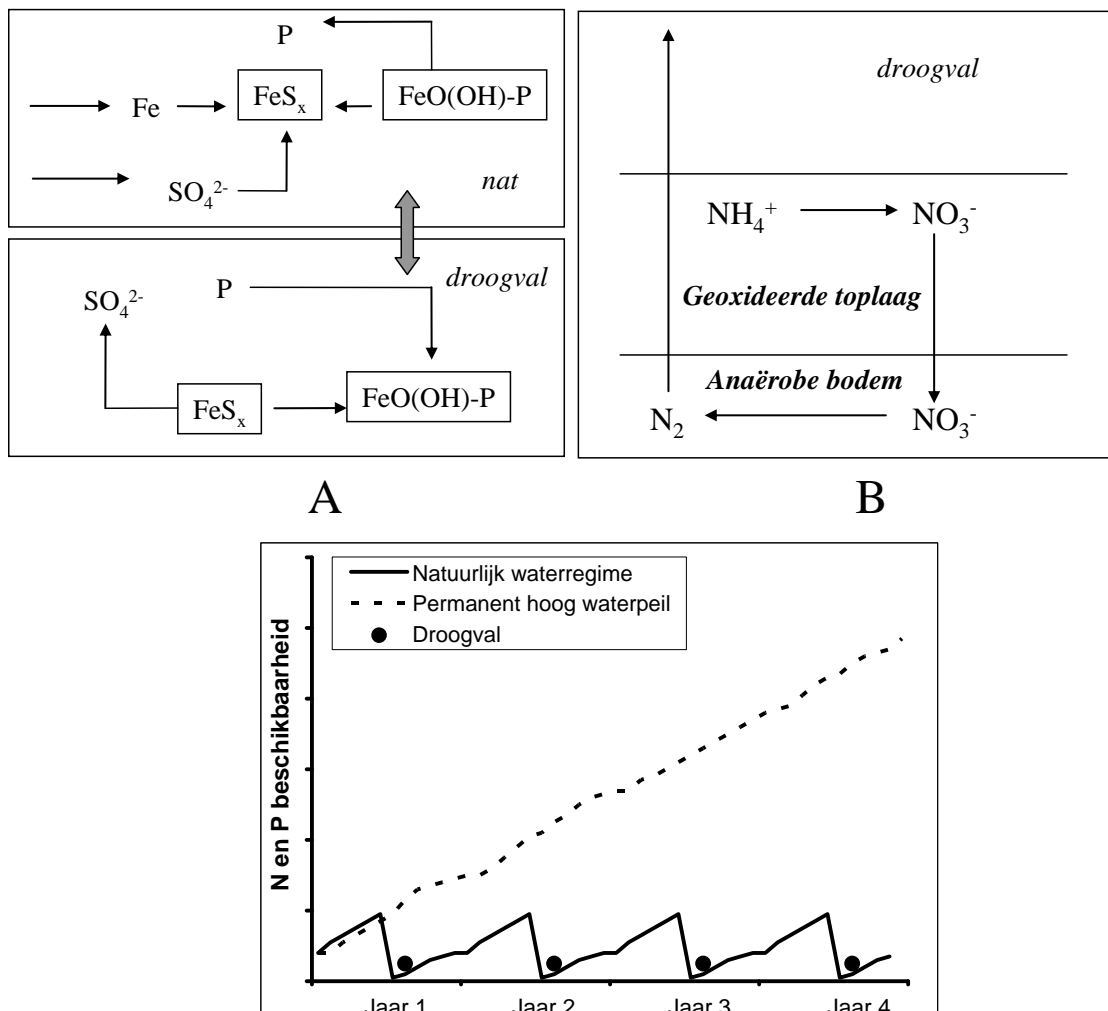


C

Figuur 4.5: Stagnatie van sulfaat rijk oppervlaktewater leidt tot verhoogde sulfaatreductie, ijzeruitputting en eutrofiering van de waterlaag in het open water van het Dubbroek in Maasbree. A, stromend en sulfaatrijk; B, stagnerend en sulfaatarm; C, stagnerend en sulfaatrijk (Lucassen et al., 2004b).

Figure 4.5: Stagnation of sulphate-rich surface water leads to increased sulphate reduction, iron depletion and eutrophication of the water layer in the open waters of the Dubbroek in Maasbree. A, flowing and high in sulphates; B, stagnating and low in sulphates; C, stagnating and high in sulphates (Lucassen et al., 2004b).

van fosfaat in de bodem (Lucassen, 2005a,b). Daarnaast leidt droogval tot nitrificatie van ammonium onder vorming van nitraat. Het nitraat spoelt hierbij deels uit naar diepere anaerobe bodemlagen waar het gedenitrificeerd wordt tot stikstofgas dat naar de atmosfeer verdwijnt. Doordat droogval leidt tot hogere vrij ijzer gehalten en lagere ammoniumgehalten, zal het een positief effect hebben op de typische kwelvegetatie van elzenbroekbossen. Met name wanneer het grondwater rijk is aan sulfaat is voldoende dynamiek van groot belang (figuur 4.6).



Figuur 4.6: Schematisch overzicht van de effecten van periodiek droogvallen op het trofieniveau van broekbossen. Droogval stimuleert de vastlegging van fosfaat in de bodem (boven, A) en de afvoer van stikstof door nitrificatie van ammonium, gevolgd door denitrificatie (boven, B). Regelmatige droogval kan er op die manier aan bijdragen dat de beschikbaarheid van stikstof en

fosfaat laag blijft (onder). Verdere toelichting op onderliggende processen: zie tekst.

Figure 4.6: Schematic overview of the effects of periodic drought on the amount of food available in alluvial forests. Drought encourages the fixation of phosphate in the soil (top, A) and the discharge of nitrogen through nitrification of ammonia, followed by de-nitrification (top, B). In this way, regular drought can contribute to the availability of nitrogen and phosphate remaining low (bottom). For a further explanation of the underlying processes, please refer to the text.

4.3 Ervaringen met vernatting van broekbossen

Sinds het uitbrengen van het preadvies Natte Bossen is op veel plekken geëxperimenteerd met het herstel van broekbossen door het verminderen van de drainage en het opzetten van waterpeilen. De ervaringen daarbij zijn niet altijd positief. Het Kaldenbroek en het Koelbroek zijn twee Elzenbroekbossen in voormalige maasmeanders (Noord-Limburg) waar in eind jaren 90 'anti-verdrogingsmaatregelen' zijn genomen waarbij het waterpeil door opstuwing aanzienlijk werd verhoogd. Er vond echter niet de verwachte uitbreiding plaats van kenmerkende elzenbroekbossoorten zoals Dotterbloem, Elzenzegge, Grote boterbloem, Holpijp en Slangewortel. In plaats daarvan ontwikkelde zich een stinkende waterlaag, volledig overgroeid met kroossoorten. Zwarte elzen stierven af en vielen zelfs om terwijl grassen zoals Mannagras en Liesgras zich sterk uitbreidden. Het areaal aan kenmerkende soorten nam door deze anti-verdrogingsmaatregelen nog verder af (Boxman en Stordelder, 2000; Lucassen e.a., 2000; 2002a). Ook in het Beeselsbroek en het Dubbroek zijn eind jaren 90 anti-verdrogingsmaatregelen uitgevoerd. Hier werd het water minder sterk opgestuwd (tot beneden de stijghoogte van het grondwater) waardoor een aanzienlijke doorstroming van grondwater plaats bleef vinden en grote delen van het broekbos in de zomer, zoals van nature, droogvielen. In deze gebieden trad geen eutrofiering op en breidde de karakteristieke moerasvegetatie zich wel uit (Lucassen & Roelofs, 2005).

Blijkbaar kan een afname van de kwelinvloed niet zonder meer worden gecompenseerd door het langer vasthouden van oppervlaktewater. Belangrijk is dat vernatting niet te sterk wordt doorgevoerd. Een te sterke vernatting, waarbij waterstanden vrijwel permanent boven maaiveld staan, kan leiden tot verminderde vitaliteit en uiteindelijk tot sterfte van elzen en andere bomen (zie par. 2.2.), en remt bovendien de aanvoer van grondwater. Op plekken met grondwaterinvloed daalt de redoxpotentiaal minder sterk, blijft aanvoer van calcium en ijzer plaatsvinden en kunnen eventueel gemobiliseerde nutriënten afgevoerd worden (Lucassen et al., 2004). Daarnaast is het van belang dat het grondwater in de zomer tijdelijk (tot circa 40 cm) beneden maaiveld daalt gedurende ten minste enkele weken (Lucassen et al., 2005a,b). Indien niet aan deze eisen voldaan kan worden daalt de redox potentiaal in de bodem aanzienlijk en kan een verhoogde beschikbaarheid van ammonium, sulfide en fosfaat optreden, gepaard gaande met vervuiling door soorten als Klein kroos, Liesgras en Mannagras en het afsterven van Zwarte Els (Lucassen & Roelofs, 2005) (figuur 4.7).

Een verspreidingsonderzoek uitgevoerd in 17 Limburgse broekbossen heeft aangetoond dat op kwellocaties met een goed ontwikkelde vegetatie (figuur 4.8) de ammoniumconcentraties in het poriewater laag zijn. De concentratie aan calcium en ijzer in de bodem zijn juist relatief hoog. Op locaties met stagnerend water (o.a. natuurlijke laagten, opgestuwde terreindelen) is de ammoniumconcentratie in het poriewater hoog terwijl de concentraties

calcium en ijzer in de bodem laag zijn. Op dit type locaties werd de vegetatie gedomineerd door soorten die een verzuuring indiceren zoals Liesgras, Mannagras en Kroos (tabel 4.1.). Adsorptieproeven lieten zien dat calcium en ijzer dermate sterk aan het bodemadsorptiecomplex hechten dat binding van ammonium sterk wordt geremd. Op kwellocaties spoelt het ammonium daarom continue uit waardoor de beschikbaarheid laag blijft. De conclusie van het onderzoek was dat de vegetatie in natte delen van elzenbroekbossen met name gestuurd wordt door de ammoniumbeschikbaarheid in combinatie met Fe-toxiciteit. De ontwikkeling van ruigtesoorten (o.a. Liesgras, Mannagras) op locaties zonder stagnerend water buiten de kwelzone (oppervlakkig afstromend water), wordt waarschijnlijk geremd door de hoge ijzerconcentratie in de bodem (Lucassen et al., 2000a; 2006).

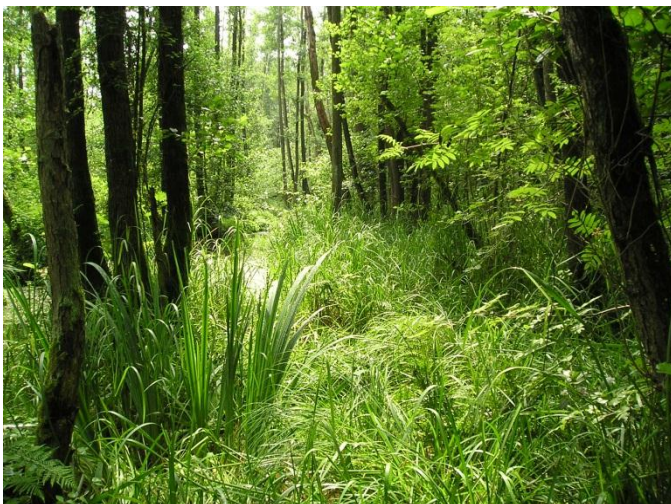
Tabel 4.1: Vegetatietypen in natte delen van elzenbroekbossen (n=17) in relatie tot de gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand en de chemie van bodem en bodemvocht (gemiddelde ± SEM) (Lucassen et al., 2006).

Table 4.1: Vegetation types in wet parts of Alder alluvial forests (n=17) in relationship to the average annual ground water level and the chemical composition of the soil and soil moisture (average ± SEM) (Lucassen et al., 2006).

	Groep 1 (n=44) <i>Caltha palustris</i> <i>Carex pseudocyperus</i> <i>Equisetum fluviale</i> <i>Ranunculus lingua</i> <i>Carex acuta</i>	Groep 2 (n=31) <i>Carex remota</i> <i>Solanum dulcamara</i> <i>Calamagrostis canescens</i> <i>Mentha aquatica</i> <i>Lycopus europaeus</i> <i>Carex paniculata</i>	Groep 3a (n=21) <i>Calla palustris</i> <i>Lemna minor</i> <i>Galium palustre</i>	Groep 3b (n=12) <i>Glyceria fluitans</i> <i>Lemna minor</i> <i>Glyceria maxima</i>
Grondwaterstand (cm-mv)	-35 ± 13 cm	-1 ± 4 cm	+15 ± 2	+15 ± 2
	Kwel	Oppervlakkig afstromend grondwater	Stagnerend water	Stagnerend water
Bodem				
Organisch stof (%)	56 ± 3	64 ± 3	68 ± 8	52 ± 7
Totaal-Fe (µmol/gram)	1508 ± 215	1038 ± 217	755 ± 169	587 ± 89
Totaal-Ca (µmol/gram)	619 ± 145	346 ± 30	241 ± 40	190 ± 35
Totaal-S (µmol/gram)	275 ± 47	375 ± 66	425 ± 104	389 ± 82
Bodemvocht				
pH	6.9 ± 0.1	6.5 ± 0.1	6.3 ± 0.1	6.4 ± 0.1
HCO ₃ ⁻ (µmol/l)	2602 ± 231	2230 ± 374	1427 ± 279	1777 ± 342
Totaal-Ca (µmol/l)	2064 ± 113	1745 ± 208	886 ± 186	1001 ± 141
NH ₄ ⁺ (µmol/l)	33 ± 5	139 ± 22	198 ± 25	213 ± 46
NO ₃ ⁻ (µmol/l)	167 ± 81	155 ± 128	14 ± 4	29 ± 8
Totaal-P (µmol/l)	14 ± 2	13 ± 2	8 ± 1	38 ± 27
SO ₄ ²⁻ (µmol/l)	821 ± 76	497 ± 87	368 ± 160	322 ± 76
S ²⁻ (µmol/l)	0.6 ± 0.3	5.6 ± 2.3	22.5 ± 7.6	7.9 ± 2.7

In een verdroogd elzenbroek in het Lankheet is in de periode 2004-2009 geëxperimenteerd met bevoeiing als anti-verdrogingsmaatregel (Aggenbach 2011). Daarbij werd het elzenbroekbos gedurende een periode van 3-6 maanden in de winterperiode bevoeid. Doel was niet alleen om het gebied natter te maken, maar ook om de basenrijkdom te verhogen. Als gevolg van het wegvallen van kwel en infiltratie van regenwater was de bodem sterk

verzuurd en had zich als gevolg van zure omstandigheden een ectorganische laag met slecht verteerd organisch materiaal gevormd. Op basis van het onderzoek kan worden geconcludeerd dat bevloeiing met basenrijk oppervlaktewater (ca 3.5 mM HCO_3^- en 3 mM Ca per liter) inderdaad een gunstige invloed heeft op de basenverzadiging. De snelheid van basenoplading is afhankelijk van de lengte van de bevloeiingsperiode. Uitgaande van een voortzetting van de waargenomen trend duurt het bij een bevloeiing van 6 maanden per jaar ca 20 jaar voordat vanuit een verzuurde situatie een basenbezetting van 80% in de bovenste (ectorganische) laag wordt bereikt, bij 3 maanden bevloeiing duurt dat ca 30 à 40 jaar.





Figuur 4.7: Ontwikkeling van een ruigtevegetatie bestaande uit Liesgras, Mannagras en Klein kroos (bovenste foto's) na het permanent hoog opstuwen van grondwater in de voormalige kwel-kern van het Kaldenbroek (Grubbenvorst) in 1998. Na het instellen van een meer natuurlijk waterregime in 2003, nam de biomassa van Liesgras af en vond een sterke ontwikkeling van Waterviolier plaats (onderste foto) (foto's: E. Lucassen).

Figure 4.7: Development of rough vegetation consisting of Glyceria maxima, Glyceria fluitans and Lemna minor (upper photos) after permanently raising the ground water level in the former seepage core, Kaldenbroek (Grubbenvorst) in 1998. After establishing a more natural water regime in 2003, the biomass of Glyceria maxima decreased and Hottonia palustris developed strongly (lower photo) (photos: E. Lucassen).



Figuur 4.8: Typische vegetatie op een kwellocatie (ijzerrijk en ammoniumarm) in het Dubbroek, bestaande uit planten met een lage biomassa die bestand zijn tegen hoge ijzergehalten in de bodem, waaronder Dotterbloem en Holpijp (foto's: Esther Lucassen).

*Figure 4.8: Typical vegetation at a seepage location (iron-rich and low in ammonium) in the Dubbroek, consisting of plants with a low biomass which can withstand high iron levels in the soil, such as *Caltha palustris* and *Equisetum fluviatile* (photos: Esther Lucassen).*

Bevloeiing leidde echter in eerste instantie ook tot een sterke eutrofiering, niet alleen vanwege de hoge nutriëntengehaltes in het bevoeiingswater (het inlaatwater is met gemiddeld ca 3 μM P en 13 μM N relatief voedselarm), maar ook (of vooral) als gevolg van interne eutrofiering. Als gevolg van versnelde afbraak van organisch materiaal door basenrijkere omstandigheden, sulfaatreductie (inlaatwater is met 0,8 mM SO_4 relatief rijk aan sulfaat) en de mobilisatie van fosfaat door langdurige natte omstandigheden neemt de hoeveelheid ammonium en fosfaat in de bovenste bodemlaag sterk toe. Dat leidde in eerste instantie tot een sterke eutrofiering, met een sterke toename van kroos. Door het waterbeheer te optimaliseren kon de eutrofiering echter sterk worden teruggedrongen. In de oorspronkelijke situatie werd het water ook in de zomer zoveel mogelijk vastgehouden. Dat werd om fosfaatmobilisatie tegen te gaan vervangen door een regime waarbij het broekbos in de zomer droogvalt, waarmee de fosfaatmobilisatie sterk vermindert (zie voorgaande paragraaf over invloed

droogval op fosfaatbeschikbaarheid). Daarnaast is ook een goede doorstroming van het bevoeiingswater van groot belang: dat is nodig om te zorgen dat het in de toplaag gevormde ammonium en fosfaat met het bevoeiingswater wordt afgevoerd.

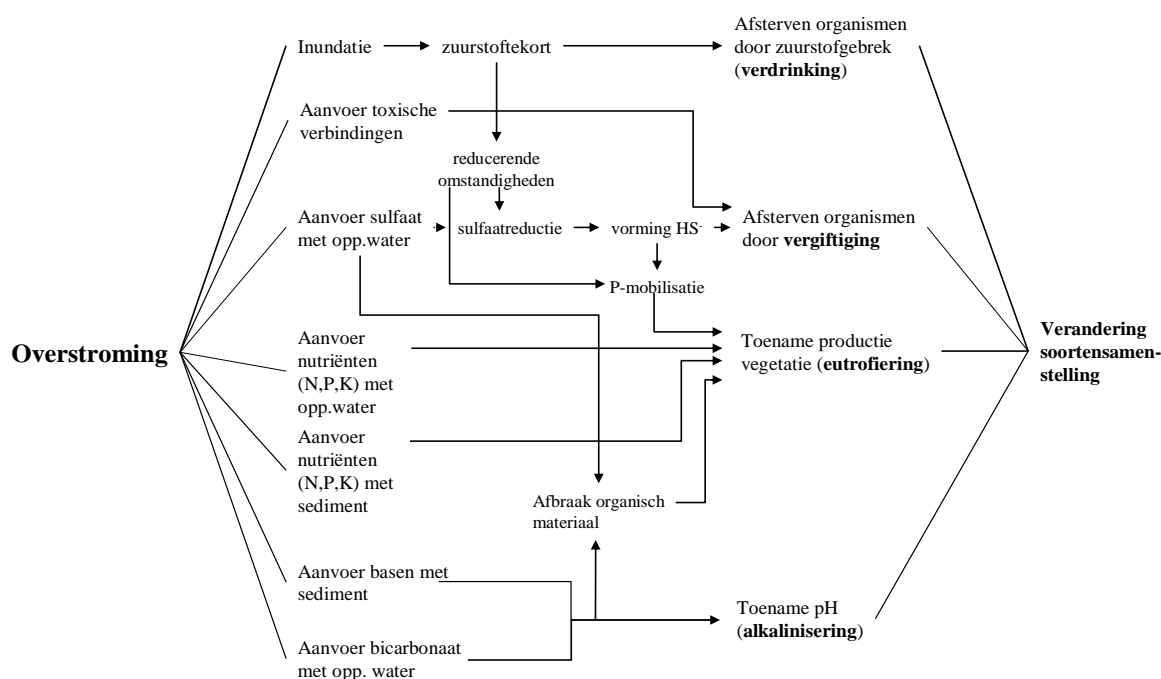
4.4 Conclusies

Op basis van het onderzoek kan worden geconcludeerd dat herstel van broekbossen door het opzetten van peilen en bevoeiing moeizaam is. Bij het creëren van permanent natte omstandigheden door middel van het opzetten van oppervlaktewater waterpeilen of het vasthouden van regenwater, bestaat het risico op eutrofiering door fosfaatmobilisatie. Bij bevoeiing met oppervlaktewater bestaat eveneens een groot risico externe of interne eutrofiëring. Om eutrofiëring tegen te gaan zijn zeer gecontroleerde omstandigheden nodig, met permanente doorstroming van bevoeiingswater en droogval in zomer. Voor een duurzaam herstel lijkt toch vooral herstel van de waterhuishouding, en dan met name herstel van kwelomstandigheden, een voorwaarde.

5 Effecten van overstroming op standplaatscondities en vegetatie

5.1 Inleiding

Overstroming met oppervlaktewater kan de standplaatscondities en de vegetatie op een aantal manieren beïnvloeden (Figuur 5.1).



Figuur 5.1: Processen die bepalend zijn voor de effecten van overstroming op de soortensamenstelling van ecosystemen. Uit: Runhaar et al., 2004.

Figure 5.1: Processes that determine the effects of flooding on the species composition of ecosystems. From: Runhaar et al., 2004.

Het meest zichtbare aspect is dat gebieden onder water komen te staan (=inundatie), wat kan leiden tot het ontstaan van zuurstofgebrek en het afsterven van niet aan natte omstandigheden aangepaste soorten. Door zuurstofgebrek ontstaan bovendien reducerende omstandigheden, wat weer kan leiden tot de vorming van giftige stoffen (waterstofsulfide, ammonium, gereduceerd ijzer) en het vrijkomen van fosfaat. Bij overstroming met oppervlaktewater worden ook stoffen aangevoerd die direct of indirect kunnen leiden tot eutrofiëring. Directe eutrofiëring door de aanvoer van nutriënten in sediment of opgelost in water, en indirecte eutrofiëring door de aanvoer van basen en van sulfaat, die de afbraak van organisch materiaal stimuleren. Aanvoer van basen (bicarbonaat, calcium, magnesium) kan in verzuurde

omstandigheden ook leiden tot een toename van de basenverzadiging en een stijging van de pH. In de volgende paragrafen zal worden aangegeven op welke manieren deze processen van invloed zijn op standplaatscondities en vegetatie, en wat er bekend is over de effecten van deze processen in broekbossen. Door aanvoer van toxische verbindingen, zoals zware metalen, kan ook vergiftiging optreden. Dat is vooral het geval bij de fauna. In vergelijking met dieren zijn planten weinig gevoelig voor zware metalen en andere toxische verbindingen.

Voor het beoordelen van de effecten van overstromingen op milieucondities en organismen, zijn frequentie, duur en amplitudo van de overstroming, alsmede de kwaliteit van het binnenkomende water belangrijke aspecten. Ook de periode van het jaar waarin overstroming plaatsvindt, is belangrijk. De effecten van winter- en zomeroverstroming zijn verschillend. In de paragrafen over de effecten op terrestrische en aquatische ecosystemen zal worden ingegaan op de invloed van de diepte, duur en tijdstip van overstromingen. In de laatste paragraaf zal verder worden ingegaan op de invloed van de frequentie van overstromingen.



Figuur 5.2: Overstroming van het Heuloërbroek, een broekbosgebiedje in het winterbed van de Maas. Foto: Esther Lucassen.

Figure 5.2: Heuloërbroek flooding, a small alluvial forest area in the winter bed of the river Maas. Photo: Esther Lucassen.

5.2 Zuurstofhuishouding

Een eerste gevolg van het onder water komen te staan van terrestrische systemen is dat de beschikbaarheid van zuurstof afneemt omdat het

zuurstofgehalte en de diffusiesnelheid van zuurstof in water veel kleiner is dan in lucht. Wanneer overstroming plaatsvindt in het groeiseizoen kan dit leiden tot het zuurstofloos worden van de bodem en tot het afsterven van planten. Veel plantensoorten van permanent natte standplaatsen zijn aangepast aan lage zuurstofspanningen in het wortelmilieu door het bezit van luchtwoefsels, waarmee ze zuurstof uit de lucht kunnen transporteren naar de wortels (zie par. 2.4). Bij bomen vormen ook de vorming van adventiefwortels en zuurstofuitwisseling via lenticellen aanpassingen aan zuurstofstress (Glenz et al. 2006). Andere mogelijke aanpassingen aan natte milieus zijn een verminderde gevoeligheid voor de afbraakproducten die ontstaan bij anaerobe verbranding (zoals ethanol) en/of een oppervlakkig wortelstelsel, waardoor alleen de bovenste relatief zuurstofrijke bodemlaag wordt doorworteld.

Hoe snel het zuurstofgehalte na overstroming afneemt, hangt vooral af van de temperatuur en de hoeveelheid makkelijk afbreekbaar organisch materiaal. Bij temperaturen boven de 5° C nemen bacteriële afbraakprocessen en de wortelactiviteit van planten, en daarmee ook het zuurstofverbruik, snel toe. De aanwezigheid van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal kan de afbraakprocessen en daarmee het zuurstofverbruik bevorderen. De temperatuur is bovendien van invloed op de hoeveelheid zuurstof die maximaal kan zijn opgelost in water; in koud water is de hoeveelheid zuurstof die kan zijn opgelost groter dan in warm water.

Ook de snelheid waarmee inundaties optreden is van belang. Bij plotselinge inundaties kan zuurstof worden ingesloten als water van bovenaf het profiel indringt, zodat bodemorganismen en planten nog enige tijd van zuurstof kunnen worden voorzien.

Ook de aanwezigheid van stroming is van belang. Uit onderzoeken aan ooibossen is bekend dat de mate van stroming zeer bepalend is voor de overlevingsduur van bomen. Zo geeft Späth (1988) aan dat bij langdurige zomeroverstromingen van de Rijn op een plek met sterke stroming de Essen na 128 dagen nog in leven waren, terwijl ze op plekken met vrijwel stilstaand water al vanaf een overstromingsduur van 66 dagen waren afgestorven. De Zwarte els (*Alnus glutinosa*) is door de aanwezigheid van lenticellen, luchtwoefsels én adventiefwortels goed aangepast aan inundatie (Glenz et al. 2006). Volgens Späth (2002) overleeft de soort langs de Rijn inundatie met rivierwater tot ruim 60% van het groeiseizoen. De leeftijd, de diepte en het moment van overstroming is van invloed op de overleving van planten. Experimentele inundatie gedurende 2 maanden van 2 jaar oude planten van *Alnus incana* ssp. *rugosa* leidde aan het einde van het voorjaar en in de zomer tot het afsterven van de planten (Kaelke en Dawson 2003). Overstroming in het najaar (september-oktober) leidde tot het stopzetten van stikstoffixatie en fotosynthese en vervroegde bladval. Door vervroegde bladval waren de planten in staat te overleven, maar werd de groei in het volgende jaar wel negatief beïnvloed. Potproeven met Zwarte els laten zien dat het merendeel van de planten (5 van de 7) sterft bij 10 weken volledige onderdompeling in het groeiseizoen (Siebel 1998). Bij gedeeltelijke inundatie (5cm) treedt geen sterfte op en wordt het verlies aan ondergrondse wortels gecompenseerd door de vorming van adventiefwortels aan het onderste deel van de stengel. De afname in de biomassa was bij volledige onderdompeling in de zomer (eind juni) veel groter dan in het voorjaar (begin mei).

Bij langdurige stagnatie kan het zuurstofgehalte zover afnemen dat anaerobe afbraakprocessen gaan optreden. Een gevolg is onder meer dat voor planten potentieel giftige gereduceerde verbindingen als NH_4^+ , Fe^{++} , Mn^{++} en H_2S worden gevormd. In niet-verdroogde broekbossen met permanente hoge

grondwaterstanden zal het effect van overstroming op de redoxpotentiaal in de bodem beperkt zijn. Als gevolg van lage zuurstofgehalten, in combinatie met een hoog organisch stofgehalte, is de redoxpotentiaal hier ook zonder overstromingen al laag en komen alleen planten voor die zijn aangepast aan natte omstandigheden en aan een anaerobe bodem (zie par.2.4). Wel kan als gevolg van aanvoer van sulfaatrijk water de anaerobe afbraak van organisch materiaal en daarmee het vrijkomen van nutriënten worden bevorderd. Daarop wordt teruggekomen in de volgende paragraaf over de nutriëntenhuishouding.

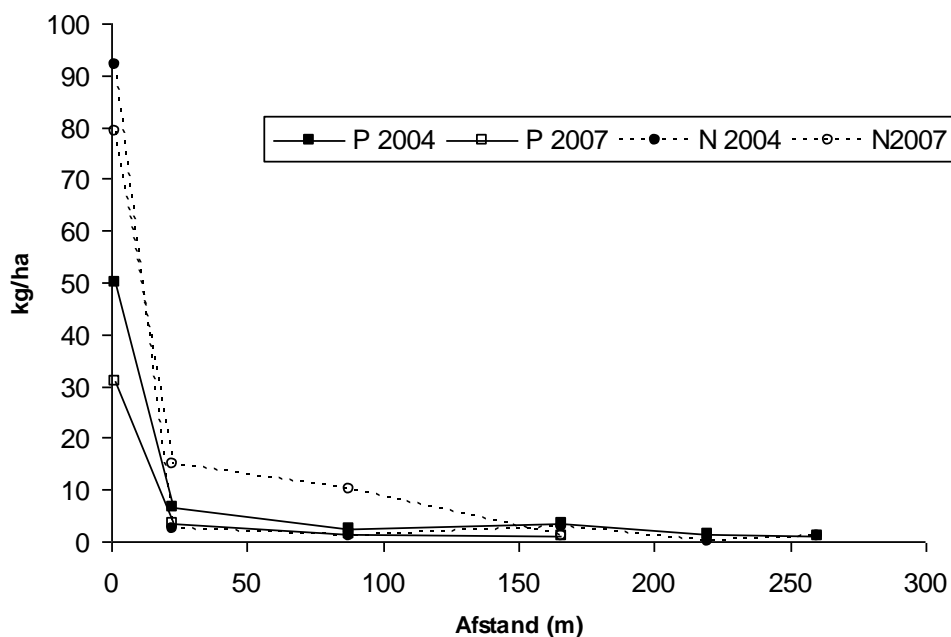
5.3 Nutriëntenhuishouding

Nutriëntenaanvoer

In beekdalen vormt het slib dat bij overstroming wordt afgezet een belangrijke bron van nutriënten. Het gaat daarbij om organisch gebonden stikstof en fosfor, en aan roest en kleideeltjes gebonden fosfaat. De hoeveelheden nutriënten in beekwater kunnen juist bij overstroming vanwege grote afvoeren zeer groot zijn, veel meer dan gemeten bij normale omstandigheden (Stuijzand et al. 2008). De hoeveelheid voedingsstoffen die bij overstroming wordt afgezet is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid sediment, maar ook van het type sediment. Het grove zand dat bij een beekoverstroming langs de oevers wordt afgezet bevat per volume-eenheid sediment veel minder voedingsstoffen dan het fijne slib dat verderop in de kommen bezinkt. Kronvang (2003) noemt een toename van het fosfaatgehalte in het sediment van 0.41% op 20 m van de rivier tot 0.72% op een afstand van 60 m van de rivier.

Onderzoek laat zien dat met sediment aanzienlijke hoeveelheden nutriënten kunnen worden aangevoerd. Wel varieert de hoeveelheid die wordt afgezet sterk in tijd en ruimte. Kronvang (2003) vond dat in Denemarken bij overstroming langs een laaglandbeek/riviertje met het sediment vele tientallen kilogrammen fosfaat per hectare (tot 65 kg P/ha) werden afgezet. Mitsch e.a. (1979) vonden een aanvoer van 36 kg P/ha in een moerasgebied aan de Cache-river, een zijrivier van de Ohio. Olde Venterink e.a. (2002) noemen hoeveelheden van 5 tot 20 kg P/ha en 11 tot 45 kg N/ha die bij een overstroming van de IJssel met het slib werden aangevoerd. Daarbij werden de grootste hoeveelheden gemeten op plekken met een structuurrijke vegetatie waar veel slib wordt ingevangen.

Sival et al. (2010) vonden langs Nederlandse beken een maximale afzetting met sediment van 50 kg P/ha en 70 kg N/ha, gemeten bij een overstroming van de Kappersbult direct aan de oever van de Drentse Aa. De variatie in sedimentatie en nutriëntenaanvoer is echter groot. In de Kappersbult neemt de belasting snel af met de afstand tot de beek (figuur 5.3), waarbij vanaf een tiental meter van de oevers een aanvoer van minder dan 10 kg P/ha en minder dan 30 kg N/ha worden gemeten. Langs de Vecht (Rheezermaten) en de Reest (Havikshorst) werden door Sival et al. bij overstromingen lagere maximale aanvoeren gemeten (maximaal resp. 3 en 8 kg P/ha en 21 en 47 kg N/ha). In een overstromingsvlakte langs de Beerze (Logtse Baan) werden aanvoeren met sediment van 3-63 kg P/ha en 19-112 kg N/ha gevonden (Stuijzand et al. 2008).



Figuur 5.3: Aanvoer van N en P met sediment als functie van de afstand tot de Drentse Aa in natuurreservaat de Kappersbult, gemeten bij overstromingen in 2004 en 2007. Ontleend aan gegevens Sival et al. 2010.

Figure 5.3: Supply of N and P with sediment as function of the distance to the Drentse Aa in the Kappersbult nature reserve, measured when flooded in 2004 and 2007. Derived from data from Sival et al. 2010.

Behalve met het slib worden ook in het water opgeloste voedingsstoffen aangevoerd in de vorm van nitraat, ammonium en fosfaat. De hoeveelheden die op deze manier worden aangevoerd zijn echter beperkt, zeker wanneer rekening wordt gehouden met het feit dat slechts een deel van deze nutriënten in het gebied achterblijft. Het merendeel zal bij het leeg stromen van een gebied weer worden afgevoerd. Door Olde Venterink (2000) wordt voor een aantal beekdalgraslanden langs de Dommel en de Zwarte Beek een maximale jaarlijkse input van 0.1 tot 4.3 kg N/ha en 0.01 tot 0.71 kg P/ha berekend in een situatie waarin al het water in het gebied achterblijft. Omdat een groot deel van het water na de overstroming weer wordt afgevoerd zal de hoeveelheid in werkelijkheid nog lager zijn. Door Kemmers en Sival (2004) worden voor bevoeiingen langs de Reest en de Dommel en bij de Zijdebrug (Krimpenerwaard) aanvoeren berekend van 0.05 tot 0.2 kg P/ha en iets meer dan 1 kg N/ha bij waterdiepte van 10 cm.

Hoewel bij overstroming meer stikstof dan fosfor wordt aangevoerd, is de aanvoer van fosfor uitgedrukt als bijdrage aan de plantenbehoefte groter dan die van stikstof. Planten hebben uitgedrukt in gewichtshoeveelheden voor hun groei ongeveer tien keer zo veel fosfor nodig als stikstof (Knecht & Göransson, 2004). Voor de door hen onderzochte beekdalgraslanden komen Sival et al. (2010) tot de conclusie dat de aanvoer van stikstof met sedimentatie overal veel lager is dan de afvoer van stikstof met maaisel, terwijl bij P de aanvoer met sediment niet veel lager en soms zelfs hoger is dan de afvoer met maaisel. Bij onderzoek naar de productiviteit en nutriëntengehaltes van regelmatig overstroomde beekdalgraslanden (zelfde locaties als Sival et al.) komen Runhaar en Jansen (2004) tot de conclusie dat binnen de onderzochte overstromingsvlakten fosfaatbeperking niet of nauwelijks optreedt (N/P verhouding in gewas 14 of lager). De hoogste N/P

verhoudingen worden gevonden aan de randen van de overstromingsvlakten, op plekken die zelden overstromen en waar weinig of geen sedimentatie optreedt. Binnen de overstromingsvlakten is op de meeste plekken stikstof beperkend, op een aantal locaties is mogelijk ook kalium (mede-)beperkend. Onderzoek naar wel en niet overstroomde alluviale bossen in het Rijndal ten zuiden van Straatsburg laat eenzelfde patroon zien: waar in niet overstroomde bossen fosfor de beperkende factor is, wordt in jaarlijkse overstroomde bossen de plantengroei (in dit geval: de groei van *Allium ursinum*) beperkt door stikstof (Tremolières et al. 2009).

Interne eutrofiëring

Overstroming met oppervlaktewater kan ook leiden tot interne eutrofiering, als gevolg van fosfaاتمobilisatie en toegenomen anaerobe afbraak van organisch materiaal onder invloed van sulfaat (zie par. 4.2). Interne eutrofiëring speelt een belangrijke rol in situaties waarin langdurige inundatie met sulfaatrijk water optreedt (zie par. 4.3). Bij kortstondige overstromingen zijn minder nadelige effecten als gevolg van interne eutrofiering te verwachten, omdat fosfaاتمobilisatie vooral optreedt bij langdurige inundatie, en bij droogval het vrijgekomen fosfaat grotendeels weer wordt gebonden aan ijzer (zie figuur 4.6). Voor sulfaatreductie is van belang dat sulfaat de bodem kan indringen, wat vooral een rol zal spelen in verdroogde broekbossen waar de bovengrond ten tijde van de overstroming niet met water verzadigd is. Bovendien moet de overstroming voldoende lang duren om anaerobe omstandigheden te laten ontstaan. Sulfaatreductie is sterk temperatuursafhankelijk, waardoor overstromingen in de winter weinig effect zullen hebben op de sulfaatreductie.

In verdroogde en verzuurde broekbossen kan de afbraak van organisch materiaal ook worden gestimuleerd door aanvoer van basen met het overstromingswater. Onder zure omstandigheden wordt de bacteriële afbraak geremd en kan stapeling van relatief goed afbreekbaar organisch materiaal optreden. Basenaanvoer en verhoging van de zuurgraad kunnen leiden tot een versnelde afbraak van dit materiaal. In hoeverre dit een rol speelt in overstroomde broekbossen is niet bekend.

5.4 Zuurbuffering

Overstroming kan in weinig gebufferde natuurlijke systemen, met name in arme zand- en veengronden, een bijdrage leveren aan het tegengaan van verzuring. Omdat het water vaak rijk is aan basen (in de vorm van in het water opgelost bicarbonaat of aan slibdeeltjes gebonden calcium) heeft het een pH-bufferende werking. In natte schraalgraslanden wordt bevoeiing met kalkrijk water soms toegepast als beheermaatregel om verzuring tegen te gaan. Zoals bijvoorbeeld in de Plateaux in Brabant, een vloeiveldgebied waarvan een deel sinds 1984 enkele weken in het jaar wordt bevoeid met aangevoerd Maaswater. Dankzij deze bevoeiing is in deze arme podzolgrond de pH in de bovengrond duidelijk verhoogd (Kemmers en Van Delft, 2002). In de bevoeide percelen is een pH van ca 5.5 gemeten met indicatorstaafjes (volgens opgave vergelijkbaar met pH-KCl). In de niet meer bevoeide delen is de pH van de bovengrond gedaald tot een waarde van iets meer dan 4, maar neemt in de diepte toe tot waarden van meer dan 5. Dat ligt duidelijk boven de normale waarden voor veldpodzolgronden. Een dergelijke pH-verhoging werd door Kemmers en van Delft niet gemeten in de Zijdebrug, waar verzuurde blauwgraslandpercelen in het kader van OBN worden bevoeid. Wel werd in de bodem van het bevoeide perceel een wat hogere

basenverzadiging gemeten. Het ontbreken van een pH-effect kan te maken hebben met de kortere tijd van bevoeiing.

Bevoeiing van een verdroogd en verzuurd elzenbroekbos in het Lankheet met hard oppervlaktewater leidde tot een stijging van de pH in de toplaag tot voor elzenbroekbos gunstige waarden, namelijk van pH-H₂O 3,6 naar 5,2 (Aggenbach, 2011). Dat gebeurt echter pas na vele maanden van bevoeiing, en was bovendien niet alleen het resultaat van basenaanvoer maar ook van basenproductie door sulfaatreductie in de langdurig geïnundeerde en anaerobe bodem.

5.5 Effecten op de vegetatiesamenstelling

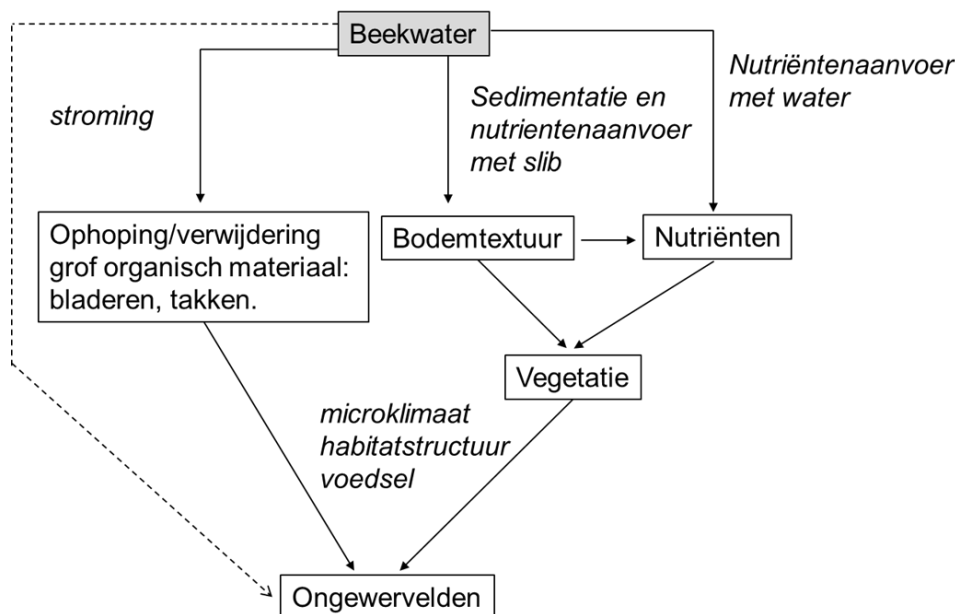
Overstroming met oppervlaktewater vormt waarschijnlijk een belangrijke factor voor het ontstaan van het Zwarte bes-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum ribetosum nigrae*), dat voorkomt in de benedenloop van beekdalen. Door overstroming is de bodem relatief mineraalrijk. De mineralenrijkdom is meestal het gevolg van overstromingen in het verleden. In hoeverre het type in de huidige situatie kan ontstaan in combinatie met overstroming met voedselrijk beekwater is onduidelijk. Waar met het overstromingswater veel nutriënten worden aangevoerd ontstaat waarschijnlijk eerder het voedselrijke brandnetel-elzenbroek (*RG Urtica dioica-[Alnion glutinosae]*).

Volgens Stortelder et al. (1998) wordt ook het typische Elzenzegge-Elzenbroek gekenmerkt door regelmatige overstroming met beekwater. Dit lijkt in tegenspraak met het gegeven dat in de beleidsinventarisatie (hoofdstuk 7) geen enkel goed ontwikkeld elzenbroek is gevonden dat overstroomt met beekwater. Ook in het Vogelkers-Essenbos speelt overstroming een belangrijke rol, zij het dat daar ook de vraag speelt welke rol actuele overstromingen daarin spelen. Het Vogelkers-Essenbos komt voor op mineraalrijke bodem, in de beekdalen vooral op beekerdgronden die worden gekenmerkt door de aanwezigheid van beekleem als gevolg van vroegere overstromingen.

5.6 Effecten van overstroming en inundatie op fauna

Naast inundatie door kwelwater kan ook inundatie met beekwater optreden in beekbegeleidende elzenbroekbossen. De vraag is wat de effecten op de fauna zijn van overstroming met beekwater naast inundatie met grondwater. De effecten hiervan zijn in ieder geval sterk afhankelijk van het tijdstip van overstroming. Wanneer het broekbos in de winter al geïnundeerd is met kwelwater, is het effect van de overstroming anders dan wanneer dit optreedt in de zomer, wanneer er weinig tot geen water in het bos aanwezig is. Het grootste verschil is dat in het eerste geval de fauna al ingesteld is op de aanwezigheid van water, terwijl in het tweede geval de fauna verrast wordt door een plotselinge inundatie.

Er kan onderscheid gemaakt worden in korte-termijn-effecten van inundatie met beekwater op de fauna, zoals de directe gevolgen van waterstroming, en lange-termijn-effecten, die veelal inwerken via veranderingen in de vegetatie als gevolg van een gewijzigde nutriëntenhuishouding (figuur 5.4).



Figuur 5.4: Effecten van een overstroming van een broekbos in een beekdal met beekwater. Indirecte, vaak lange-termijn-effecten van beekwater op de broekbosfauna zijn aangegeven met gewone lijnen. Directe, veelal korte-termijn-effecten zijn aangegeven met stippellijnen.

Figure 5.4: Effects of an alluvial forest flood in a brook valley with brook water. Indirect, often long-term, effects of brook water on the alluvial forest fauna are indicated by solid lines. Immediate, usually short term effects are indicated by dotted lines.

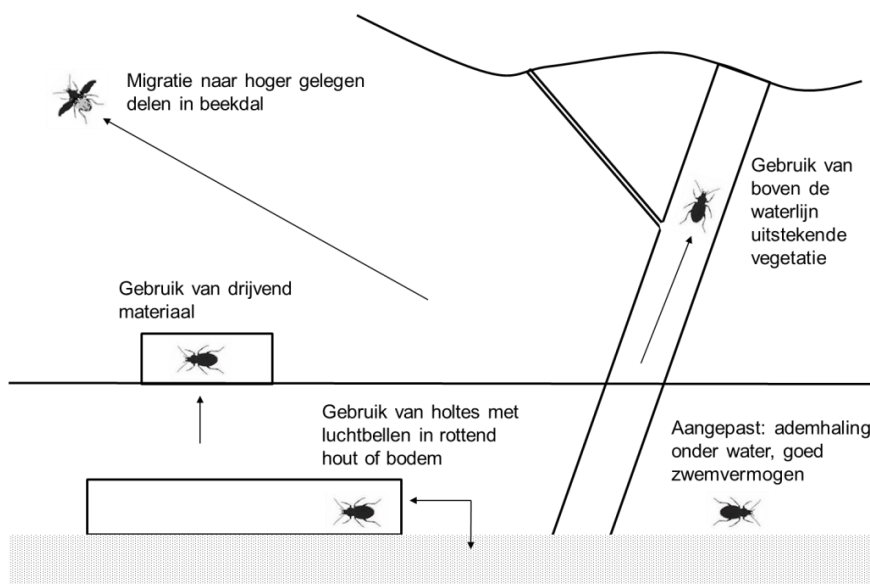
Beekwater	Brook water
Stroming	Current
Sedimentatie en nutriëntenaanvoer met slib	Sedimentation and nutrient supply with sediments
Nutriëntenaanvoer met water	Nutrient supply with water
Ophoping/verwijdering grof organisch materiaal: bladeren, takken	Accumulation/removal of coarse organic matter: leaves, branches
Bodemtextuur	Soil texture
Nutriënten	Nutrients
Vegetatie	Vegetation
Microklimaat habitatstructuur voedsel	Micro climate habitat structure food
Ongewervelden	Invertebrates

Korte-termijn-effecten

Het grootste effect van overstroming met beekwater is natuurlijk het plotseling onder water lopen van de (relatief) droge delen van het broekbos. In natte beekdalen kan zo'n plotselinge inundatie met beekwater ook plaatsvinden in het zomerhalfjaar, bijvoorbeeld bij piekafvoeren na hevige regenval. In het winterhalfjaar, wanneer delen van het broekbos al geïnundeerd zijn met grondwater, is deze extra toevoer van water geen direct knelpunt voor de aanwezige fauna. In het zomerhalfjaar, wanneer veel minder open water aanwezig is, zijn de gevolgen echter groot. De reden hiervoor is dat synchronisatie van de levenscyclus met dit type inundatie niet mogelijk is, waardoor het aantal potentiële knelpunten voor de bodemfauna toeneemt en een korte-termijn-reactie noodzakelijk is (Adis & Junk, 2002). Net zoals bij de

overwinteringsmigraties in de elzenbroekbossen treedt er tijdens een plotselinge inundatie met beekwater in het zomerhalfjaar horizontale en verticale migratie op naar hoger gelegen delen of structuren. Bij loopkevers (o.a. *Agonum*, *Bembidion*) en wolfsspinnen (*Pirata*) is waargenomen dat ze bij overstroming snel in bomen klimmen en zich daar verschuilen onder schors. Kleine spinnen (o.a. Linyphiidae) maken een spinseldraad en gebruiken deze om zich door de wind naar boomkruinen te laten blazen ('ballooning'). Daarnaast is in een aantal soorten het zwemvermogen goed ontwikkeld, waardoor ze zich bij plotselinge overstromingen in veiligheid kunnen brengen. Tolereren van de inundatie komt ook voor; ongewervelden met fysiologische en morfologische aanpassingen zijn in staat om na een plotselinge inundatie van hun habitat er weken tot maanden te overleven. Bepaalde soorten loopkevers (adulten en larven), kortschildkevers en spinnen konden tenminste 60 dagen overleven onder water. Een belangrijke vereiste hierbij was wel een lage watertemperatuur (Adis & Junk, 2002 en de referenties hierin). Ook komt bij plotselinge overstromingen een vierde strategie voor: het gebruik van drijvende stukken hout om inundatie te overleven (loopkevers, duizendpoten en miljoenpoten; Braccia & Batzer, 2001) (figuur 5.5).

Een ander korte-termijn-effect op de fauna is het optreden van doorstroming; de stroomsnelheid en snelheid waarmee het water stijgt bij inundatie (Lambeets et al. 2009). Dit heeft niet alleen effect bij onverwachte overstromingen in het zomerhalfjaar, maar ook in een al met grondwater geïnundeerde situatie. Wanneer er in het elzenbroekbos tijdens inundatie enige mate van doorstroming optreedt, moeten de aquatische organismen voorkomen dat ze weggespoeld worden. De stroomsnelheden in het bos zijn meestal zo laag dat dit effect maar zeer lokaal optreedt. Een belangrijk effect bij het optreden van doorstroming is dat er dieren van bovenstrooms worden aangevoerd, die vervolgens het broekbos kunnen koloniseren (Smock, 1994; Gopal & Junk, 2000). Stroming kan zo dus een belangrijke functie hebben.



Figuur 5.5: Enkele strategieën van terrestrische bodembewonende ongewervelden om inundatie te overleven.

Figure 5.5: Some strategies of terrestrial benthic invertebrates to survive inundation.

Lange-termijn-effecten

Lange-termijn-effecten van overstromingen met beekwater werken met name in op de fauna via veranderingen in de vegetatiestructuur en –samenstelling en bodemtextuur (Lambeets et al. 2009) (Fig. 5.4). Wanneer een broekbos inundeert met voedselrijk beekwater zijn de consequenties groter dan bij grondwateroverstroming. Aanvoer van voedselrijk water of water met hierin veel sediment kan leiden tot een verhoging van de voedselrijkdom of de afzetting van sediment, met als gevolg dat de vegetatie verandert. Een voorbeeld hiervan is een sterke verruiging van de terrestrische vegetatie door brandnetels en de aquatische vegetatie door liesgras, mannagras of kroos. Veranderingen in de ondergroei van broekbossen leidt niet alleen tot een verandering van de habitatstructuur, maar ook indirect weer tot een wijziging van het microklimaat boven de bodem. Het voedselrijker worden van het oppervlaktewater in de broekbossen kan ook gevolgen hebben voor de aquatische fauna, bijvoorbeeld door veranderingen in de zuurstofhuishouding, de afbraak van organisch materiaal of veranderingen in de algensamenstelling.

Op de lange termijn kunnen bij het onvoorspelbaarder worden van het hydrologisch regime van het broekbos eurytope soorten profiteren. Deze generalistische soorten hanteren een 'risicostrategie' (Adis & Junk, 2002): ze hebben een hoge reproductiesnelheid, waardoor een hoge populatiedichtheid wordt bereikt na hoge waterstanden in de winter, met als risico dat een groot gedeelte van de populatie verdwijnt tijdens onvoorspelbare overstromingen in de andere jaargetijden (met name zomer-najaar). De grote populatiedichtheden leidt tot sterke dispersie van individuen vanuit de populatie naar omliggende (hoger gelegen) habitats, wat dienst doet als bronpopulatie van herkolonisatie na een overstroming. De effecten op de voor broekbossen kenmerkende hygrofiele moerassoorten en aquatische soorten (zie hoofdstuk 3) zijn onbekend. Wanneer deze een levenscyclus hebben die gesynchroniseerd is met de grondwaterinundaties in het winterhalfjaar, dan is de impact van een zomeroverstroming met beekwater groot.

5.7 Kennishiaten

Standplaatscondities en vegetatie

Het onderzoek naar de effecten van overstroming op de vegetatie heeft zich tot nu toe vooral gericht op de effecten op graslanden. Daardoor is er weinig bekend over de effecten van overstroming op de productiviteit en soortensamenstelling van broekbossen. Naar verwachting zijn de eutrofiërende effecten in broekbossen groter, omdat er geen afvoer van nutriënten plaats vindt via maaisel. Daarnaast doet zich in elzenbroekbossen de bijzondere situatie voor dat de dominante boomsoort, de els, in staat is tot stikstof te binden. Omdat door de elzen veel stikstof wordt gebonden, en omdat met het overstromende beekwater relatief veel fosfor wordt aangevoerd, is de verwachting dat elzenbroekbossen in de beekdalen relatief gevoelig zijn voor overstroming met oppervlaktewater. Of dat daadwerkelijk het geval is, is echter uit bestaande gegevens niet af te leiden. Ook is niet duidelijk in hoeverre de hydrologie van invloed is op de productiviteit van broekbossen en de gevoeligheid voor overstroming. Er zijn aanwijzingen dat kwelgevoede broekbossen minder gevoelig zijn voor overstroming met voedselrijk oppervlaktewater (zie Runhaar et al. 2004, Runhaar en Jalink 2007). Er zijn echter geen onderzoeksgegevens om dit te onderbouwen. Over effecten van inundatie met oppervlaktewater in laagveengebieden is nog minder bekend, mede omdat deze gebieden al zeer lang worden gekenmerkt

door een vast oppervlaktewaterpeil. Omdat er steeds meer stemmen opgaan om in laagveenmoerasgebieden over te gaan op een flexibel peilbeheer is het van belang te weten wat mogelijke effecten zijn van inundatie met oppervlaktewater. Omdat het slibgehalte van het oppervlaktewater in laagveengebieden meestal gering is, zouden de eutrofiërende effecten van overstroming kunnen meevallen. Of dat ook echt het geval is, is echter niet bekend.

Fauna

Overstroming met beekwater naast inundatie met grondwater in het winterhalfjaar heeft zowel directe (aanwezigheid van water) als indirecte (vegetatie, voedselrijkdom) effecten op de fauna. Om de directe effecten beter te kunnen begrijpen is het kwantificeren van de relatie tussen de lengte en fenologie van de inundatieperiodes en de soortensamenstelling en/of levensstrategieën van ongewervelden in Nederlandse broekbossen noodzakelijk. Bij welk hydrologisch regime treedt i.) dominantie van eurytope soorten op ten opzichte van hygrofiele moerassoorten op en ii.) verarmt de aquatische fauna door te geringe mogelijkheden tot het doorlopen van de aquatische fase van de levenscyclus. De rol van de inundatieperiode kan inzichtelijk gemaakt worden aan de hand van functionele indicatoren, bijvoorbeeld de strategieën gevolgd tijdens inundatie, vliegvermogen, activiteitsperiode etc.

Om de indirecte effecten beter te kunnen begrijpen moet de rol van de vegetatie(structuur) voor de (semi-)terrestrische en aquatische fauna inzichtelijk worden gemaakt. Stuur de plantensoortensamenstelling op de bosbodem de levensgemeenschap, al dan niet via het microklimaat, of zijn het puur de elzenbomen in combinatie met de samenstelling van de strooisellaag? Voor de aquatische fauna kunnen hierbij de effecten van voedselrijkdom van het oppervlaktewater worden toegevoegd. Wat is de samenstelling van dit water door het jaar heen en welke consequenties hebben veranderingen hierin voor de fauna?

6 Herontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden in beekdalen

6.1 Inleiding

Een deel van de huidige landbouwgronden in beekdalen is in het verleden broekbos geweest. Vaak zijn de voormalige kwelkernen van deze broekbossen nog aanwezig in het landschap. Deze stonden zo sterk onder invloed van grondwater dat het niet mogelijk was ze te draineren en om te vormen tot landbouwgrond. Herstel van broekbossen heeft de laatste decennia met name plaatsgevonden in de vorm van het nemen van anti-verdrogingsmaatregelen rondom de voormalige kwelkernen. De laatste jaren komen echter steeds meer landbouwgronden vrij voor natuurontwikkeling ten gunste van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). En ook op slecht gedraineerde gronden die nog steeds in landbouwkundig gebruik zijn vindt soms ongewenste ontwikkeling van elzenbroek plaats. In principe liggen er dus voldoende kansen om landbouwgronden weer om te vormen tot broekbossen. Door de omvorming van de broekbossen tot landbouwgrond in het verleden, zijn een aantal belangrijke condities echter sterk veranderd, waardoor herstel van broekbossen op voormalige landbouwgronden complexer is dan herstel van verdroogde broekbossen rondom kwelkernen. Deze condities worden in de volgende paragrafen beschreven. Tevens worden de potenties en knelpunten voor de (her)ontwikkeling van broekbos op landbouwgrond nader besproken.

6.2 Afwijkende condities landbouwgronden

Hydrologische veranderingen

Bij de omvorming van natuur tot landbouwgrond vindt doorgaans een sterke ontwatering plaats middels het aanleggen van een uitgebreid drainage systeem (drainagesloten, greppels, rabattenstelsel). Vaak is hierbij ook door waterkerende leem- of kleilagen heen gegraven. Hierdoor wordt grondwater versneld afgevoerd en dalen de lokale grondwaterstanden. Dit is uiteraard een voorwaarde voor een doelmatig landbouwkundig gebruik van de gronden. Als gevolg van drainage t.b.v. de landbouw zal echter het calcium- en ijzerrijke grondwater niet meer het maaiveld bereiken.

Bodemopbouw

Bij het in gebruik nemen van broekbossen als landbouwgrond kunnen nog aanvullende geomorfologische veranderingen plaats hebben gevonden. Deels gaat het hierbij ook om maatregelen die nodig waren om een gebied droog genoeg te krijgen om als landbouwgrond te kunnen dienen. Hierbij kan gedacht worden aan het afgraven van veen, bezanden van veenlagen om de draagkracht van de bovengrond te verhogen of diepploegen als een maatregel voor het teniet doen van waterkerende bodemlagen (bv. klei, ijzeroerbank).

Bezanden is op relatief grote schaal toegepast en gaat in sommige gebieden terug tot de middeleeuwen. Hierdoor werd de oorspronkelijke veenlaag afgedekt met een laag zand. Dit betekent niet dat deze veenlaag nog overal aanwezig is. Vaak werd er bewust een deel van de onderliggende veenlaag aangeploegd om het organisch stofgehalte van de zandige toplaag op peil te houden. Daarnaast is organische stof (veen) in de ondergrond verdwenen door oxidatie als gevolg van diepe ontwatering al dan niet in combinatie met het uitspoelen van nutriënten uit de toplaag.

Nutriëntenhuishouding

Door de vaak decennialange bemesting is de concentratie aan voedingsstoffen (N, P en K) in de bodem sterk toegenomen. Deze voedingsstoffen kunnen in bepaalde mate accumuleren in de toplaag van de bodem, meestal de bouwvoor. Afhankelijk van de mate van bemesting kan er echter ook sprake zijn van uitspoeling van nutriënten naar diepere bodemlagen. Met name wanneer er sprake is geweest van de teelt van maïs kan de nutriëntenbelasting aanzienlijk zijn. Ook diepploegen kan leiden tot een zeer diepe verzadiging van de bodem met nutriënten.

Ammonium uit meststoffen wordt in de aerobe toplaag van de bodem deels omgezet tot nitraat (=nitrificatie). Nitraat is mobiel en spoelt uit naar het grondwater. Bij dit proces wordt zuur geproduceerd dat, onder gedraineerde condities, kan leiden tot een versnelde afname van de buffercapaciteit en zuurgraad van de bodem. Fosfaat uit meststoffen is weinig mobiel en bindt sterk aan ijzer en calcium in de bodem, waardoor het in sterke mate zal accumuleren in de toplaag van de bodem. Kalium is relatief mobiel maar zal ook gebonden worden aan het bodem-adsorptiecomplex. Naast directe verhoging van de nutriëntengehalten via meststoffen kan het nutriëntengehalte ook indirect verhoogd zijn door landbouwinvloed. Veen kan in de ondergrond namelijk worden afgebroken onder invloed van zuurstof (aerobe oxidatie, door drooglegging) en mogelijk ook door uitspoeling van nitraat uit de bemeste toplaag (anaerobe oxidatie).

6.3 Potenties voor ontwikkeling broekbossen op basis bodem en hydrologie

Een belangrijke voorwaarde voor ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden is het herstel van de gewenste hydrologische condities, met hoge grondwaterstanden in winter en voorjaar en aanvoer van grondwater gedurende tenminste een belangrijk deel van het jaar (zie par. 2.4). Herstel van de hydrologie is het meest kansrijk in gebieden met een forse kweldruk, waarbij de stijghoogte in de ondergrond tot aan of boven maaiveld staat. In gebieden waar de stijghoogte in de ondergrond nabij of onder het maaiveld staat, leidt de noodzakelijke vernatting tot infiltratie van regenwater en daarmee tot verzuring. In die gevallen kan afgraven van de bovengrond noodzakelijk zijn om natte, grondwater gevoede situaties te creëren. Wanneer de stijghoogte ver onder maaiveld staat is ook deze maatregel onvoldoende en moet worden nagedacht over andere natuurdoelen.

Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 is het belangrijk dat vernatting niet te sterk wordt doorgevoerd omdat dan interne eutrofiering op kan treden.

Ontwikkeling van elzen onder relatief te droge omstandigheden kan echter ook tot problemen leiden indien later de waterstanden verhoogd worden. Zo onderzochten Douma e.a. (2009) elzenbroekbossen die zich sinds het einde van de negentiende eeuw spontaan hadden ontwikkeld op voormalige sterk

gedraineerde graslanden in Tsjechië. Op vier van de vijf onderzochte locaties vond aan het begin van de jaren 70 een zeer sterke sterfte plaats van de Elzen. Deze sterfte kon worden gekoppeld aan een sterke stijging van de grondwaterstanden als gevolg van het verlanden van de drainage sloten die oorspronkelijk in het gebied aanwezig waren. Mede op grond van aanvullend literatuuronderzoek lieten zij zien dat Zwarte elzen, die van oorsprong op een relatief droge bodem tot ontwikkeling zijn gekomen, het slecht doen bij plotselinge vernatting. Dit heeft zeer waarschijnlijk te maken met de diepte van de doorworteling van de bodem waardoor wortelschade optreedt bij stijging van de grondwaterstanden. Zwarte elzen die op relatief droge bodems tot ontwikkeling zijn gekomen kunnen dus niet zonder meer vernat worden in een later stadium. Met name voor de ontwikkeling van broekbossen op landbouwgrond is het belangrijk om hier rekening mee te houden. Het lijkt dus van belang eerst de hydrologie te herstellen alvorens bos ontwikkeld wordt. Er zijn ook signalen dat in de Drentse Aa succesvol elzenbroekbos is ontwikkeld alvorens te vernatten. Het is echter onbekend in welke mate de grondwaterstand hier is toegenomen en wat de kwaliteit en leeftijd van deze broekbossen is. Zoals aangegeven in hoofdstuk 5 hangt de gevoeligheid voor vernatting mede af van de tijdsduur en tijdstip van inundatie en de leeftijd van de bomen.

Het is de vraag of het enkel nemen van (de juiste) hydrologische ingrepen toereikend is voor het herstel van elzenbroekbossen op voormalige landbouwgronden. Deze zijn immers jarenlang bemest waardoor de toplaag van de bodem doorgaans rijker zal zijn aan nutriënten (zowel N als P) dan (verdroogde) elzenbroekbossen (figuur 6.1). Een goede maat voor de plantenbeschikbare P concentratie is de Olsen-P concentratie van de bodem. Voor (verdroogde) elzenbroekbossen worden Olsen-P concentraties gemeten die liggen tussen de 200 en 800 μmol per liter bodemvolume. In figuur 6.1 zien we dat de landbouwgronden in beekdalen veelal veel rijker zijn aan Olsen-P. De totaal-P concentratie van de bodem ligt vaak, doch niet altijd, onder de 20 mmol per liter bodemvolume. Verder valt op dat in natte broekbossen ammonium de dominante stikstof vorm is, terwijl dit op droge landbouwgrond meestal nitraat is, en dat de concentratie NH_4^+ -NaCl in broekbossen niet afwijkt van die in landbouwgronden. De relatief lagere nitraatconcentraties in broekbossen worden veroorzaakt door de geringere nitrificatie en snellere denitrificatie in deze natte systemen.

De rol van kiemingsomstandigheden, in combinatie met de zaadbeschikbaarheid in de eerste fase na genomen herstelmaatregelen, kan de ontwikkeling van elzenbroekbos blokkeren. Hoge gehalten aan P in de bodem kunnen de ontwikkeling van typische bosvegetaties beïnvloeden en belemmeren (Koerner et al., 1997; Verheyen et al., 1999). Een hoge fosfaatbeschikbaarheid kan indirect de groei van karakteristieke vegetatie al in een zeer vroeg stadium van bosvorming remmen, omdat P gelimiteerde ruigtekruiden als *Urtica dioica* (Pigott, 1971) hoge abundanties kunnen aannemen (De Keersmaecker et al., 2004; Honnay et al., 1999; Orczewska, 2009; Verheyen & Hermy, 2001). Ook kan opslag van populieren de ontwikkeling van elzenbroekbos blokkeren. Het is niet bekend hoe (de ondergroei van) Elzenbroek zich kwalitatief zal ontwikkelen bij verschillende nutriëntengehalten in de bodem (van mesotroof tot uiterst eutroof). Het is echter aannemelijk dat soorten als Liesgras en Pitrus eenzelfde uitwerking zullen hebben indien de nutriëntenbeschikbaarheid hoog is. Observaties in het veld laten zien dat beoogde ontwikkeling van Elzenbos op rijke landbouwgrond in o.a. het Beekbergerwoud sterk wordt gefrustreerd door de ontwikkeling van een zeer ruige soortenarme ondergroei.

Het is aannemelijk dat de hoge fosfaatbeschikbaarheid in landbouwbodem, naast een indirect effect, ook een direct effect kan hebben op de karakteristieke ondergroei van een broekbos. Een acht jaar durend onderzoek in België toonde aan dat geherintroduceerde kruiden tien maal zoveel fosfor opnemen in nieuw aangeplante bossen op landbouwgronden dan in (oude) natuurlijke bossen. De hogere P opname ging gepaard met een kortere levensduur van de kruiden en een hogere turnover tussen de verschillende bosstadia. De relatief korte levensduur van de kruiden onder P rijke condities bleek met name een negatieve invloed te hebben op de abundantie van langzaam koloniserende planten als *Primula elatior* (Slanke sleutelbloem). Snel koloniserende planten als *Geum urbanum* (Geel nagelkruid) daarentegen, konden door hun snelle nieuwe vestigingsmogelijkheden hiervoor compenseren (Baeten et al., 2009). De bevindingen komen overeen met die van Gilbert (2003) die aantoonde dat het tijdstip en de frequentie van het aanbrengen van bepaalde zaadmengsels aan fosfaatrijke graslanden enkel een positieve invloed had op de diversiteit op de korte termijn (eerste drie jaar). Het is waarschijnlijk dat dit ook zal gelden voor de karakteristieke ondergroei in broekbossen, wanneer die zich ontwikkelt op voedselrijke voormalige landbouwgrond. Zo is het goed denkbaar dat de massale groei van Pitrus op voormalige landbouwgrond in o.a. het Beekbergerwoud en de Ruiting (figuur 6.2) de beoogde ontwikkeling van Elzen en de karakteristieke soorten in de ondergroei belemmeren.

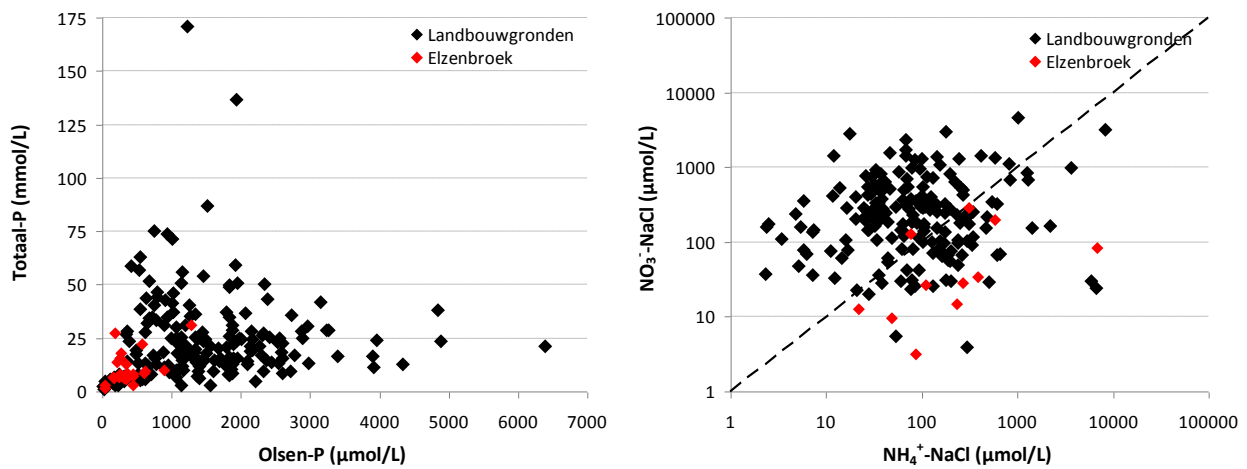
In Polen is onderzoek naar de kolonisationsnelheid van typische soorten uit de ondergroei van elzenbroekbossen verricht in nieuwe elzenbroekbossen op landbouwgrond grenzend aan bestaande oude broekbossen (Orczewska, 2009). Hieruit kwam naar voren dat de gemiddelde migratiesnelheid van de soorten ligt tussen de 1,2 en 1,6 m per jaar. Sommige soorten bereikte echter snelheden van meer dan 4 m per jaar terwijl er ook soorten waren die zeer langzaam of niet koloniseerden. Verder bleek de vegetatiesamenstelling in belangrijke mate samen te hangen met de leeftijd van de nieuwe bossen en de bedekking met brandnetel (*Urtica dioica*). Ook uit vele andere studies blijkt dat een excessieve groei van brandnetel de vestiging en uitbreiding van doelsoorten sterk kan beperken.

De groei van brandnetel wordt behalve door de voedselrijkdom van de bodem, ook gestimuleerd door hoge lichtniveaus en relatieve droge omstandigheden. Het is bekend dat open plekken in een bos kunnen leiden tot een versnelde mineralisatie en verhoogde beschikbaarheid van stikstof voor planten (Prescott, 2002). Met name het microklimaat (temperatuur en vochtigheid) in een bos, alsmede de veranderingen van de litterkwaliteit en verminderde opname van nutriënten door bomen en micro-organismen lijken hierbij bepalend te zijn. Dit betekent, omgekeerd redenerend, ook dat de ontwikkeling van een bos op termijn kan leiden tot een afname van de fertiliteit van een landbouwbodem. Meer onderzoek op dit terrein is echter nodig.

De kansen op succesvol herstel zullen waarschijnlijk sterk toenemen wanneer de landbouwgronden worden verschraald. Verschralen van voormalige landbouwgronden kan snel bereikt worden door de met nutriënten verrijkte bodem te verwijderen (Smolders et al., 2008). Met name wanneer er sprake is geweest van bezanding ligt dit ook erg voor hand, omdat hiermee ook het oorspronkelijk maaiveld wordt hersteld (figuur 6.3). Een bijkomend voordeel kan zijn dat het grondwater dicht bij het maaiveld komt en lokale hydrologische ingrepen eerder voldoen. Ook uitmijnen en verschralen door maaien en afvoeren zijn opties om de landbouwbodem, op de langere termijn, te kunnen verschralen (Koopmans et al., 2004). Wel is het zaak om dit dan

onder gedraineerde condities uit te voeren, omdat maaien in het natte vaak zeer problematisch is. Een andere, nog nader te onderzoeken maatregel, zou het uitmijnen onder natte condities kunnen zijn met behulp van de Kroosvaren (*Azolla filiculoides*). Deze soort is namelijk zeer efficiënt in het opnemen van fosfaat uit een gebufferde waterlaag met behulp van de wortels. Hierdoor zou verschrallen hand in hand kunnen gaan met semi-permanente waterberging. Ook hakhoutbeheer zou een bijdrage kunnen leveren aan verschralling, omdat met het hout ook nutriënten worden afgevoerd. De meeste broekbossen zijn ooit ontstaan als hakhoutbossen. Herstel van hakhoutbeheer kan echter ook nadelige effecten hebben door onder meer verstoring van de bodem (zie par. 2.8).

Aanplanten van Els en toedienen van boslitter, na uitvoering van een verschrallingsbeleid, zou wellicht verder bij kunnen dragen tot een positieve ontwikkeling van broekbossen met een diverse ondergroei. Ook kan de aanvoer van boslitter uit een goed ontwikkeld Elzenbroekbos bijdrage aan de introductie van de gewenste bodemfauna en bodemflora (schimmels). Zo blijkt *Frankia* vrijwel altijd vrijlevend voor te komen in bodems met geïnfecteerde boomsoorten (Valdez, 2008). Verder is aangetoond dat introductie van *Alnus*-litter (1% in gemalen vorm door de bodem gemengd) leidt tot een forse toename van de stikstofbinding en groei van Zwarte Els ten opzichte van elzen die op minerale bodems groeiden (Nickel e.a., 2001). Bomen beïnvloeden doorgaans de ondergroei door verandering van het licht regime en de productie van litter met een bepaalde chemische kwaliteit. Litterproductie door *Alnus spp.*, *Quercus pp.* en *Fagus pp.* hebben een verlagend effect op de zuurgraad van de bodem. Echter, litter van *Alnus spp.* is beter afbreekbaar dan dat van *Quercus* en *Fagus spp.* (Dossche, 1998) en werkt niet verzurend. Er zijn indicaties dat het kiemings- en vestigingssucces van kruiden op verzuringgevoelige bodem sterk onder invloed staat van de kwaliteit van de litter en dus de boomsoort. Uit experimenten is gebleken dat kieming van ruigtesoorten verhoudingsgewijs meer optreedt in litter van de *Populus x euramericana* in vergelijking met litter van andere boomsoorten (*Alnus glutinosa*, *Acer pseudoplatanus* en *Fagus sylvatica*, (Thomaes et al., 2011)). Samen met de grotere lichtdoorval is dit waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak voor de meestal veel ruigere ondergroei in populierenbossen vergeleken met elzen- en eikenbossen op vergelijkbare standplaatsen.



*Figuur 6.1: Beschikbaarheid van nutriënten in de bodem toplaag (0-20cm) van landbouwgronden (n=185) en Elzenbroek in voormalige kwelkernen met goed ontwikkelde ondergroei (o.a. *Carex spec*, *Caltha palustris*) in Nederland (n=11-23) (Dataset Onderzoekscentrum B-ware).*

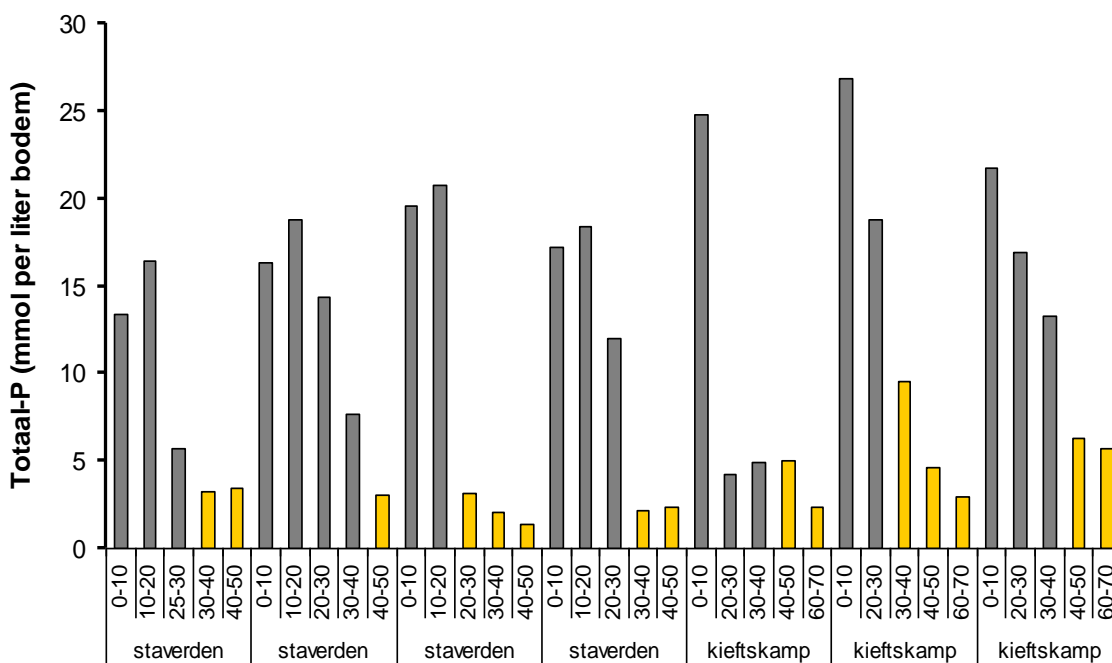
*Figure 6.1: Availability of nutrients in the top layer of soil (0-20cm) of agricultural land (n=185) and Alder brook in former seepage cores with well developed undergrowth (including *Carex spec*, *Caltha palustris*) in the Netherlands (n=11-23) (Dataset B-WARE Research Centre).*



*Figuur 6.2: Ontwikkeling van een ruigtevegetatie (voornamelijk *Pitrus*) op voormalige landbouwgrond in het Beekdal van de Essche Stroom (de Ruiting),*

waar het beoogde te ontwikkelen natuurtype moeras met riet, wilgen en elzen is (foto: E. Lucassen).

Figure 6.2: Development of rough vegetation (particularly *Juncus effusus*) on former agricultural land in the Essche Stroom (de Ruiting) Beekdal, where the intended development of natural marsh with reeds, willow and Alder is located (photo: E. Lucassen).



Figuur 6.3: Totaal-P concentratie van bezande veenbodems gelegen in de buurt van Broekbosrestanten in beekdalen. De oranje balken geven de veenbodem weer, de donkergrijze balken de opgebrachte zandbodem.

Figure 6.3: Total P concentration of peat soils with coarse sand located near alluvial forest residues in brook valleys. The orange bars indicate the peat soil, the dark grey bars indicate the sandy soil.

6.4 knelpunten voor herstel standplaatscondities en vegetatie

Kiemingsomstandigheden, en zaadbeschikbaarheid in de eerste fase na uitvoer van herstelmaatregelen, kunnen de ontwikkeling van (relatief goed ontwikkeld) elzenbroekbos blokkeren. Elzenbroek kan zich theoretisch spontaan herontwikkelen indien in de ondergrond nog veenlaagjes aanwezig zijn met een vitale zaadbank. Kolonisatie van geïsoleerde bossen op voormalige landbouwgronden vindt echter zelden plaats. Jensen (1998) bestudeerde de zaadbank van uit beheer genomen natte schraalgraslanden en toonde aan dat zaaddichtheden van typische kensoorten exponentieel afnemen gedurende de successie waardoor zeldzame soorten nauwelijks teruggevonden worden in de zaadbank. Omdat nitraat als kiemhormoon werkt zal landbouwkundig gebruik niet bijdragen aan het in stand blijven van een zaadbank in de ondergrond. Daar waar voldoende dikke veenlaagjes in de ondergrond aanwezig zijn, bestaat de kans dat nog kiemkrachtig zaad

aanwezig is (Jauhiainen, 1998). Dit zal echter maar gelden voor een beperkt aantal soorten.

De primaire vestiging van soorten zal uiteindelijk een belangrijke invloed hebben op de vegetatieontwikkeling. Bovenstrooms gelegen broekbossen en moerasgebieden kunnen theoretisch ook als donor fungeren voor zaad- en plantmateriaal dat bij hoog water kan worden afgezet. Aansluiting op mooie brongebieden met een gewenste zaadbank zal waarschijnlijk een positieve uitwerking hebben. Ook introductie van doelsoorten kan het herstel van broekbosvegetaties bespoedigen. Echter, herintroductie zal enkel duurzaam zijn als het milieu geschikt is (o.a. niet te P-rijk) (Baeten et al., 2009; Gilbert et al., 2003) omdat dit uiteindelijk bepalend is voor de kieming en overleving van kiemplanten (Verheyen et al., 2003).

Gronden die in landbouwkundig gebruik zijn genomen, zullen over het algemeen gemakkelijker te draineren zijn geweest dan gronden van huidige nog redelijk intacte broekbossen. Het valt dan ook te verwachten dat de hydrologie van de huidige landbouwgronden op voormalig broekbos, minder gemakkelijk te herstellen is dan voor (verdroogd) elzenbroekbos rondom voormalige kwelkernen. Herstel van broekbos, via herstel van de sub-regionale hydrologie, is niet altijd mogelijk doordat vaak andere belangen spelen op regionaal niveau (o.a. landbouw, waterwinning, infrastructuur). In dat geval kan vernatting enkel plaatsvinden door middel van het nemen van meer lokale hydrologische ingrepen zoals maaiveldverlaging, het opstuwen van lokaal grondwater en inundatie met beekwater.

Afgraven van fosfaatverrijkte grond leidt tot maaiveldverlaging en dus vernatting. Het kan echter ook leiden tot een versnelde afvoer van grondwater uit aangrenzende systemen en kan dus potentieel leiden tot verdroging van (meer) intacte systemen waaronder de (voormalige) kwelkernen.

Een ander knelpunt is de veranderde kwaliteit van het Nederlandse grondwater. Het grondwater in Nederland is sinds enkele decennia sterk verrijkt met nitraat en sulfaat (tot 1-2 mmol/L). Het nitraat is afkomstig uit de landbouw. Hoge nitraat concentraties in het grondwater zorgen ervoor dat ijzer niet kan oplossen. Verder kan nitraat in de ondergrond ook ijzer-sulfiden uit anaerobe pyriethoudende bodemlagen oxideren waarbij sulfaat vrijkomt. Onder natte condities kan sulfaat als alternatieve electronenacceptor optreden bij de afbraak van organisch materiaal. Het sulfide dat hierbij gevormd wordt bindt sterk aan vrij ijzer en ijzer afkomstig van ijzer-fosfaatverbindingen. Hierbij komt fosfaat versneld vrij in de bodem. De concentratie ijzergebonden fosfaat is doorgaans hoog op bemeste landbouwgronden, zeker wanneer het gaat om bodems die voorheen door (ijzerhoudend) grondwater gevoed zijn. Door toenemende sulfaatreductie zal (een groot deel van) het geaccumuleerde fosfaat vrijkomen in het porievocht en de waterlaag en leiden tot verruiging (Smolders et al., 2010). Ook kunnen er hoge concentraties sulfide ontstaan in het bodemvocht waardoor gevoelige soorten ten prooi vallen aan sulfide toxiciteit.

Voor systemen met een hoge sulfaatbelasting blijkt het van belang te zijn dat er voldoende doorstroming van het systeem plaatsvindt waardoor nutriënten worden afgevoerd. Het gevaar van stagnerend sulfaat rijk grondwater geldt niet enkel voor voormalige landbouwgronden maar zeker ook voor de omringende nog intacte kwelkernen waar vaak nog mooie kwelvegetaties aanwezig zijn. De veranderde grondwaterkwaliteit stelt dus mogelijk ook hydrologische eisen aan het systeem.

6.5 Alternatieve ontwikkelingen

Wanneer de ontwikkeling van een Elzenbroekbos niet mogelijk is, kan gedacht worden aan de ontwikkeling van alternatieve bostypen zoals eutrofe vochtige en natte elzen-, wilgen- en populierenbossen. In termen van biodiversiteit zullen dit doorgaans relatief arme systemen zijn en de ontwikkeling van dit soort bostypen ligt vanuit het oogpunt van natuurontwikkeling in eerste instantie niet voor de hand. Toch kan de ontwikkeling van deze weinig biodiverse systemen worden gebruikt als compensatie voor de omvorming van slechte kwaliteit bos naar biodiverse natuur. Zo kan er een win-win situatie ontstaan.

De te ontwikkelen voedselrijke bostypen kunnen wellicht voor meer algemene fauna soorten toch interessant zijn, en kunnen tevens worden ingezet voor biomassa productie voor biomassa centrales (groene energie). Dit laatste is vanuit het klimaat oogpunt gunstig. Verder zal het oogsten van hout op de langere termijn ook leiden tot een verschaling van de bodem waardoor er in de verdere toekomst toch mogelijkheden kunnen ontstaan voor de ontwikkeling van meer biodiverse natuurdoeltypen. Op zich is er nog weinig ervaring met het verschraken van voormalige landbouwgrond door het bedrijven van bosbouw en de natuurwaarden van dit soort bossen. Dit verdient zeker meer aandacht.

7 **Beleidsevaluatie en inventarisatie broekbossen**

7.1 **Doel onderzoek en methode**

Om meer inzicht te krijgen in het huidige en geplande water- en natuurbeheer, en de kansen en risico's die zij met zich meebrengen voor het behoud, herstel en de ontwikkeling van broekbossen, zijn een aantal interviews gehouden met ecologen werkzaam bij waterschappen. Doel van de interviews was een antwoord te krijgen op de volgende vragen:

- In hoeverre worden bestaande broekbossen beïnvloed of zullen ze beïnvloed gaan worden door waterberging in beekdalen? Wat is de bestaande of geplande overstromingsdynamiek?
- In hoeverre bestaan er plannen voor, of is al begonnen met, de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden?
- Welke vragen leven er bij water- en natuurbeheerders ten aanzien van ontwikkeling van broekbossen en hoe sluiten die aan bij de in de review signaleerde kennishiaten?

In de interviews hebben we ons gericht op waterschappen die relatief veel aandacht hebben voor ecologie en waar broekbossen actueel of potentieel sterk worden beïnvloed door waterberging, dan wel waar plannen bestaan voor waterberging in combinatie met natuurontwikkeling. Interviews zijn gehouden met de volgende personen:

- Ron Schippers (waterschap de Dommel),
- Uko Vegter (waterschap Hunze en Aa's en tevens Drents Landschap),
- Rob van Dongen (waterschap Regge en Dinkel),
- Jos Hoogvelt (Peel en Maasvallei)
- Rutger Engelbertink (Rijn en IJssel)
- Peter van Beers (Waterschap Veluwe)

In bijlage 5 wordt een overzicht gegeven van de vragen die vooraf zijn toegestuurd en gebruikt zijn als leidraad bij de gesprekken. Tijdens de gesprekken is ook gevraagd naar de aanwezigheid van broekboslocaties die mogelijk geschikt zijn voor onderzoek naar de effecten van overstroming met oppervlaktewater en de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden.

Criteria voor mogelijke onderzoekslocaties overstroming zijn:

- zowel locaties met kwel als met infiltratie
- regelmatige overstroming
- voldoende omvang (belangrijk voor fauna!)

Criteria voor mogelijke onderzoekslocaties broekbosontwikkeling zijn:

- hydrologisch kansrijk (nat, liefst kwel)
- maatregelen gepland
- inrichting nog beïnvloedbaar

In de bijlagen 6 t/m 11 wordt een samenvatting gegeven van de interviews met waterschapsecologen, inclusief een overzicht van voor vervolgonderzoek mogelijke interessante broekboslocaties.

7.2 Conclusies uit de interviews

Ten aanzien van de gestelde vragen kunnen op basis van de interviews een aantal conclusies worden getrokken:

- Regelmatig met beekwater overstroomde broekbossen komen op diverse plaatsen voor in de beekdalen van de zuidelijke en oostelijke provincies (Brabant, Limburg, Gelderland en Overijssel). Het gaat echter om kleine oppervlaktes, in broekbossen die van nature al vrij droog zijn of die door verlaging van de beekpeilen en de aanleg van rabatten zijn verdroogd.
- Afgaande op de informatie uit de interviews is in de regelmatig overstroomde broekbossen vrijwel altijd sprake van een ruige ondergroei, vaak met brandnetel als dominante soort. Daarbij moet de kanttekening worden gemaakt dat het gaat om indrukken van de geïnterviewden, niet gebaseerd op meetgegevens. Het is bovendien niet duidelijk of de geconstateerde verruiging een gevolg is van overstroming met voedselrijk beekwater, verdroging, of een combinatie van beide.
- Er zijn nauwelijks locaties gevonden waar overstroming met beekwater plaatsvindt in natte, kwelgevoede bossen. In de directe nabijheid van de beek komen maar weinig natte kwelgevoede broekbossen voor, en waar ze voorkomen worden ze ontzien, zoals bij de Urkhovense Zeggen. Dat laatste gebeurt overigens niet zo zeer vanwege de broekbossen zelf, als wel vanwege de natte schraalgraslanden die hier eveneens voorkomen. In de Moerkuilen in het Dommeldal vindt wel regelmatig bij hoogwater in de Dommel inundatie plaats, maar de locatie ligt zo ver van de rivier dat het onwaarschijnlijk is dat het rivierwater doordringt tot in het broekbos. In de smalle stroken 'winterbedbroekbos' die in Peel en Maasvallei langs de beken ontstaan bij beekherstel is wel vaak sprake van kwel. De ondergroei hier is meestal brandnetel maar ook dotterbloem en waterviolier kunnen hier voorkomen.
- In Drente en zuid-Groningen vindt waterberging vooral plaats in grootschalige bergingsgebieden op voormalige landbouwgrond aan de benedenloop van beken/rivieren (Hunze, Drentse Aa, Peizer Diep). Hier wordt gestreefd naar instandhouding van een open landschap met korte vegetaties. In hoeverre dat laatste realistisch is, is overigens de vraag. Het gaat om zeer grote oppervlaktes, die slechts extensief worden beheerd. Opslag van elzen wordt regelmatig gemeld als probleem in waterbergings- en natuurontwikkelingsgebieden waar wordt gestreefd naar de ontwikkeling van korte vegetaties.
- Op diverse plaatsen, zowel binnen als buiten waterbergingsgebieden, komen broekbossen voor die zich hebben ontwikkeld uit voormalige landbouwgronden. Soms gaat het om spontane ontwikkeling. Waar bewust

wordt gestreefd naar broekbosontwikkeling lijken in veel gevallen de beheerkosten een belangrijk argument om voor deze ontwikkeling te kiezen. Er is slechts een beperkt aantal plekken (bovenloop Strijper Aa, aantal locaties aan beekdalflanken in het Drentse Aa gebied) waar biodiversiteitsdoelstellingen de voornaamste reden vormen voor de ontwikkeling van elzenbroekbossen, en bewust is gezocht naar kansrijke locaties met veel kwel.

8 Conclusies en aanbevelingen

Doel van het onderzoek was om de kennis over broekbossen te actualiseren, na te gaan waar kennishiaten liggen, en aan te geven hoe kennisvragen het beste kunnen worden beantwoord. Daarbij lag de nadruk op volgende vragen/aspecten:

- de betekenis van broekbossen voor de fauna,
- de ervaringen met vernatting van broekbossen,
- de effecten van overstromingen met oppervlaktewater
- ervaring met natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden, al dan niet in combinatie met waterberging

Ten aanzien van de *fauna* kan op basis van literatuuronderzoek worden geconcludeerd dat de fauna van broekbossen in Nederland nauwelijks is onderzocht. Wel kan op basis van internationale literatuur een indruk worden verkregen van de rol van fauna in broekbossen. Daaruit blijkt dat broekbossen een hoge faunadiversiteit kennen, waaronder veel zeldzame soorten die kenmerkend zijn voor relatief ongestoorde situaties. Net als bij de flora blijkt dat er weinig of geen specifieke bossoorten zijn: De soortensamenstelling van broekbossen lijkt veel op die van moerasvegetaties waarmee broekbossen gemeenschappelijk voorkomen. Voor de biodiversiteit is het dus niet zo zeer van belang dat er grote aaneengesloten broekbossen ontstaan, als wel dat grote aaneengesloten moerasgebieden ontstaan waarin ruimte is voor natuurlijke processen en waarbinnen voldoende structuurvariatie aanwezig is, inclusief meer beboste delen en meer open delen.

Voor de diversiteit en functioneren van de fauna in broekbossen is het van groot belang dat er binnen het broekbos voldoende variatie aanwezig is in structuur en hydrologie. Daarbij is het essentieel dat er voldoende plekken zijn die het merendeel van het jaar water bevatten en die hooguit kortstondig in de zomer droogvallen. Een groot deel van de afbraak van organisch materiaal (bladeren) vindt in herfst en voorjaar plaats in het water, en een groot deel van de fauna is ten minste in een deel van de levensontwikkeling afhankelijk van de aanwezigheid van water. Voor toepassing in terreinbeheer is het vooral van belang om de bovengenoemde algemene en grotendeels kwalitatieve relaties met structuur en hydrologie verder te specificeren en te kwantificeren: hoe lang dient de inundatieperiode te zijn, hoe belangrijk is de ruimtelijke variatie, hoe groot dienen gebieden te zijn en welke mate van verbinding is nodig voor levensvatbare populaties van soorten (zie bijlage 5 met kennishiaten).

Ten aanzien van *vernatting van broekbossen* kan worden geconcludeerd dat herstel moeizaam is wanneer de waterhuishouding niet op orde is, waarbij met name de aanwezigheid van kwel een belangrijke voorwaarde is voor een succesvol herstel. Bevloeiing met oppervlaktewater kan effectief zijn om de basenrijkdom van de standplaats te herstellen, maar vraagt om zeer gecontroleerde omstandigheden, met afvoer van water en droogval in de

zomer, omdat anders makkelijk eutrofiëring optreedt. Wat in elk geval dient te worden voorkomen is een permanente inundatie met oppervlaktewater; die leidt tot interne eutrofiëring en in het slechtste geval tot sterfte van elzen. Voor toepassing in het natuurbeheer is het vooral belangrijk inzicht te hebben in de gevolgen van grondwaterkwaliteitsveranderingen (aanrijking met nitraat, sulfaat) voor bestaande en te ontwikkelen broekbossen, en te kwantificeren in welke mate en hoe geleidelijk vernattingsmaatregelen moeten worden doorgevoerd.

Ten aanzien van *overstroming met oppervlaktewater* kan worden geconcludeerd dat er nog veel vragen zijn over de effecten van overstroming op de productiviteit en soortenrijkdom van elzenbroekbossen, en daarmee de vraag in hoeverre ontwikkeling van soortenrijke broekbossen valt te combineren met waterberging. Er zijn vrij veel locaties waar regelmatig overstroming plaatsvindt –al dan niet in het kader van waterberging-, maar er vindt hier geen monitoring plaats. Bovendien gaat het meestal om kleine geïsoleerde broekbosgebieden die vaak in meer of mindere mate verdroogd zijn.

Op basis van de beschrijvingen en veldbezoeken van een aantal mogelijke onderzoekslocaties bestaat de indruk dat hier in veel gevallen sprake is van een soortenarme ondergroei met veel brandnetel. Gebrek aan monitoring maakt het echter onmogelijk om deze indruk op juistheid te toetsen, en bovendien is het niet duidelijk of een gesignaleerde verruiging met brandnetel het gevolg is van overstroming met eutroof beekwater dan wel van verdroging. Een vergelijkend onderzoek aan bestaande broekboslocaties met en zonder overstroming kan helpen om een eerste indruk te krijgen van effecten van overstroming op productiviteit en soortenrijkdom. Een dergelijk onderzoek kan ook helpen om meer inzicht te krijgen in nutriëntenkringlopen binnen broekbossen. Er is zo goed als niets bekend over grootte van de nutriëntenkringlopen en de invloed van de nutriëntenbeschikbaarheid op de samenstelling en het functioneren van de ondergroei in relatie tot de invloed van waterhuishouding en lichtbeschikbaarheid. Door de stikstofbinding van elzen, en de sterke afwisseling in ruimte en tijd van gereduceerde en geoxideerde omstandigheden, gaat het in broekbossen om een zeer afwijkend milieu, en kan niet worden geëxtrapoleerd vanuit kennis over nutriëntenkringlopen in andere bostypen. Vergelijkend onderzoek kan bovendien gebruikt worden om een indruk te krijgen van de faunasamenstelling van Nederlandse broekbossen in meer en minder dynamische situaties.

Een vergelijkend onderzoek kan geen antwoord geven op de vraag wat de effecten van overstroming met oppervlaktewater zijn in kwelgevoede situaties omdat locaties met kwel én overstroming goeddeels ontbreken; ofwel omdat goed ontwikkelde broekboslocaties met kwel verder van de beek liggen, ofwel omdat ze vanwege hun grote natuurbelang zijn ontzien bij de aanwijzing van waterbergingsgebieden. Deze vraag kan dus alleen worden beantwoord met experimenteel onderzoek. Beantwoording van de vraag is met name van belang om te kunnen bepalen of herstel van soortenrijke broekbossen door middel van verdrogingsbestrijding dan wel natuurontwikkeling valt te combineren met waterberging en overstroming met eutroof oppervlaktewater.

Ten aanzien van de *ontwikkeling van broekbossen* kan worden geconcludeerd dat bij natuurontwikkeling in beekdalen en aangrenzende laagveen- en kleigebieden over het merendeel van de oppervlakte wordt gestreefd naar ontwikkeling van korte vegetaties. Vanuit de wens om de openheid van het landschap te behouden is dit begrijpelijk, maar gezien de beheerkosten van

korte vegetaties is het de in hoeverre deze eenzijdige nadruk op korte vegetaties reëel is. Op veel plekken ontstaat nu al spontaan broekbos. Dit wordt nu veelal gezien als een ongewenste ontwikkeling, maar gezien de soortenrijkdom van broekbossen is het de vraag of deze negatieve waardering wel terecht is. Broekbossen zijn niet alleen rijk aan soorten, maar ze zijn ook zeer kenmerkend voor beekdalen en laagveengebieden. In het verleden hebben beekdalen en aangrenzende laagveen- en kleigebieden voor een belangrijk deel bestaan uit broekbossen. Door ontginning en verdroging zijn ze zowel nationaal als internationaal sterk in omvang achteruit gegaan.

Een belangrijke basisvoorwaarde voor ontwikkeling van soortenrijke broekbossen is dat de hydrologische condities geschikt zijn, waarbij de kans op ontwikkeling van soortenrijke vegetaties het grootst is op plekken met kwel. De hoge fosfaatgehalten in voormalige landbouwgronden kunnen leiden tot dichte ruigtevegetaties met soorten als brandnetel, liesgras en pitrus, die de ontwikkeling van soortenrijke broekbossen belemmeren of vertragen. Door afgraven van de fosfaatrijke bovengrond, of door voorafgaand aan de broekbosontwikkeling nutriënten gedurende langere tijd af te voeren door het gewas te oogsten, kan de voedselrijkdom worden verlaagd. Knelpunt is dat we, zoals hierboven al is aangegeven, heel weinig weten over de nutriëntenkringlopen in broekbossen, en bijvoorbeeld zelfs niet weten welke nutriënt in welke situaties het meest beperkend is. Vergelijkend onderzoek in binnen- en buitenland kan meer inzicht geven in de nutriëntenkringlopen in broekbossen die in het recente verleden zijn ontstaan op voormalige landbouwgronden, in relatie tot nutriëntenkringlopen in min of meer natuurlijke referentiesituaties. Uit de interviews met waterschapsecologen blijkt dat de ontwikkeling van nieuwe broekbossen op voormalige landbouwgronden nauwelijks wordt gemonitord. Een vergelijkend onderzoek kan duidelijk maken welke bijdrage broekbosontwikkeling op voormalige landbouwgronden kan leveren aan de diversiteit van flora en fauna, en welke factoren bepalend zijn voor een succesvolle ontwikkeling van soortenrijke broekbossen.

Literatuur

Adis, J., Junk, W.J., 2002. Terrestrial invertebrates inhabiting lowland river floodplains of Central Amazonia and Central Europe: a review. *Freshwater Biology* 47, 711-731.

Adis, J., 1997. Terrestrial invertebrates: survival strategies, group spectrum, dominance and activity patterns. In: Junk, W.J. (ed.) *The Central Amazon floodplain. Ecology of a pulsing system. Ecological studies* 126. Springer, Berlin. P. 299-317.

Aerts, R., van Logtestijn, R. S. P. & Karlsson, P.S. (2006) Nitrogen supply differentially affects litter decomposition rates and nitrogen dynamics of sub-arctic bog species. *Oecologia* 146: 652-658.

Aggenbach, C.J.S., 2011. Herstel experiment voor elzenbroek door bevoeding met oppervlaktewater in 't Lankheet. Evaluatie monitoring 2005-2009. Rapport 2001/OBN148-BE. Directie Kennis en Innovatie, Ministerie Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.

Aggenbach, C. J. S., Groenendijk, D., Kemmers, R. H., van Kleef, H. H., Smolders, A. J. P., Verberk, W. C. E. P., & Verdonchot, P. F. M. (2009). Preadvies Beekdallandschappen. Rapport DK nr. 2009/dk107-O

Aggenbach, C.J.S., van Diggelen, R., Grootjans, A.P. van Kleef, H., Lamers, L.P.M. & Smolders, A.J.P. 2010. Pilotstudie herstel veenvormende zeggenbegroeiingen in beekdalen. KWR 2010.067. 146 pp.

Akermans, A.D.L., 1971. Nitrogen-fixation and nodulation of *Alnus* and *Hippophaë* under natural conditions. Proefschrift, Universiteit Leiden.

Ambstdorf, J., 1996. Phytophage Arthropoda in verschiedenen Erlenbeständen (*Alnus glutinosa*) der Bornhöveder Seenkette unter besonderer Berücksichtigung des Kronenraumes. *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement* 20, 77-110.

Arnolds, E. & M. Veerkamp, 2008: Basisrapport Rode Lijst Paddenstoelen. Nederlandse Mycologische Vereniging, Utrecht.

Aukema, B., 2002. De schaatsenrijder *Gerris lateralis* in Nederland: vleugelpolymorfie, identificatie, biologie en verspreiding (Heteroptera: Gerridae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 17, 1-11.

Baeten, L., Hermy, M., Verheyen, K. (2009) Environmental limitation contributes to the differential colonization capacity of two forest herbs. *Journal of Vegetation Science* 20: 209-223.

Bink, F.A., Beintema, A.J., Esselink, H., Graveland, J., Siepel, H. & Stumpel, A.H.P., 1998. Fauna-aspecten van effectgerichte maatregelen. Preadvies. IBN-DLO, Wageningen.

Binkley, D., Sollins P., Bell, R., Sachs, D. & Myrold D. (1992) Biogeochemistry of adjacent conifer and alder-conifer stands. *Ecology* 73: 2022-2033.

Boxman, A.W., Bartelink, H.H., Bossenbroek, Ph., Kemmers R.H & A.H.F. Stortelder, 2003. Uitvoering van vernattingsmaatregelen op praktijkschaal 1997-2003. Referentie project Koelbroek. Rapport EC-LNV nr. 2003/245-O Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Ede.

Batzer, D.P., Cooper, R., Wissinger, S.A., 2006. Wetland animal ecology. In: Batzer, D.P., Sharitz, R.R. (eds.) *Ecology of freshwater and estuarine wetlands*. University of California Press, Berkeley. P. 242-284.

Batzer, D.P., Wissinger, S.A., 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual Review of Entomology* 41, 75-100.

Berg, M., Evenhuis, C., 2001. Determinatietabel voor de Nederlandse duizendpoten (Myriapoda: Chilopoda). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 15, 41-78.

Beylich, A., Graefe, U., 2002. Annelid coenoses of wetlands representing different decomposer communities. In: Broll, G., Merbach, W., Pfeiffer, E.-M. (eds.) *Wetlands in Central Europe: Soil organisms, soil ecological processes and trace gas emissions*. Springer, Berlin. P. 1-10.

Bilton, D.T., Freeland, J.R., Okamura, B., 2001. Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 159-181.

Boesveld, A., 2005. Inventarisatie van de landslakken van Noord-Brabant. Rapport EIS2005-02. Stichting European Invertebrate Survey Nederland, Leiden.

Braccia, A., Batzer, D.P., 2001. Invertebrates associated with woody debris in a Southeastern U.S. forested floodplain wetland. *Wetlands* 21, 18-31.

Buczyński, P., Przewoźny, M., Zięba, P., 2009. Aquatic beetles (Coleoptera: Adephaga, Hydrophiloidea, Staphylinoidea, Byrrhoidea) of the Polish part of the Roztocze Upland. *Journal Annales UMCS, Biologia* 64, 87-112.

Carlson, P.J. and J.O. Dawson. 1985. Soil nitrogen changes, early growth, and response to soil internal drainage of a plantation of *Alnus jorullensis* in the Colombian highlands. *Turrialba* 35(2):141-150.

Coleman, D.C., Crossley, D.A., Hendrix, P.F., 2004. *Fundamentals of soil ecology*. Elsevier Academic Press, Burlington.

Compton J.E. & Cole D.W. (1998) Phosphorus cycling and soil P fractions in Douglas-fir and red alder stands. *Forest Ecology and Management* 110: 101-112.

Cuppen, J., Vorst, O., 2004. Entomofauna van Noordoost-Twente: verslag van de 158e zomerbijeenkomst te Ootmarsum. *Entomologische Berichten* 64, 188-208.

Cuppen, J., Vorst, O., van Maanen, B., Felix, R., 2003. Verslag excursie Westbroekse Zodden. *Sektie Everts Info* 66, 4-9.

Csabai, Z., Boda, P., Móra, A., Müller, Z., 2003. Aquatic beetles, aquatic and semiaquatic bugs, dragonfly and caddisfly larvae from 32 backwaters in Upper-Tisza-region, NE Hungary (Coleoptera: Hydradeephaga, Palpicornia; Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha; Trichoptera). *Folia Hist.-nat. Mus. Matr.* 27, 217–235.

Darell, P., Cronberg, N., 2011. Bryophytes in black alder swamps in south Sweden: habitat classification, environmental factors and life-strategies *Lindbergia* 34, 9–29.

De Keersmaecker, L., Martens, L., Verheyen, K., Hermy, M., De Schrijver, A. & N. Lust (2004) Impact of soil fertility and isolation on diversity of herbaceous woodland species colonizing afforestations in Muizen Forest, Belgium. *Forest Ecology and Management* 188: 291–304.

Döbel, H.G., Denno, R.F., Coddington, J.A., 1990. Spider (Araneae) community structure in an intertidal salt marsh: Effects of vegetation structure and tidal flooding. *Environmental Entomology* 19, 1356–1370.

Dossche, T., 1998. Ecologische effecten van bladstrooisel van loofboomsoorten op de ontwikkeling van recent beboste landbouwgronden (Mortagnebos-Zwevegum). Ghent University, Ghent.

Douda, J. Cejkova, A., Douda, K., Jana Kochankova, J., 2009. Development of alder carr after the abandonment of wet grasslands during the last 70 years. *Annals of Forest Research* 66: 712–725.

Drever, J.I., 1997. The geochemistry of natural waters, surface and ground water environments. 3th edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458.

Drost, M.B.P., Cuppen, H.P.J.J., Van Nieuwerkerken, E.J., Schreijer, M. (eds.). *De waterkevers van Nederland*. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Eriksen, C.H., Resh, V.H., Balling, S.S., Lamberti, G.A., 1984. Aquatic insect respiration. In: Merritt, R.W., Cummins, K.W. (eds.). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2nd edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque. P. 27–37.

Giardina, C.P., Huffman, S., Binkley, D. & Caldwell, B.A., 1995. Alders increase soil phosphorus availability in a Douglas-fir plantation. *Canadian Journal of Forestry Research* 25: 1652–1657. Disney, R.H.L., 1999. British Dixidae (meniscus midges) and Thaumaleidae (trickle midges): keys with ecological notes. Freshwater Biological Association, Ambleside.

Gilbert, J.C., Gowing, D.J.G. & R.J. Bullock, 2003. Influence of seed mixture and hydrological regime on the establishment of a diverse grassland sward at a site with high phosphorus availability. *Restoration Ecology* 11: 424–435.

Glenz, C., Schlaepfer, R., Iorgulescu, I. & F. Kienast, 2006. Flooding tolerance of Central European tree and shrub species. *Forest Ecology and Management* vol. 235 issues 1–3; pp 1–13.

Gopal B., Junk, W.J., 2000. Biodiversity in wetlands: An introduction. In: Gopal, B., Junk, W.J., Davies, J.A. (eds.) *Biodiversity in Wetlands: Assessment, function and conservation* Backhuys, Leiden. P. 1–10.

- Hamdi, Y.A.M., 1982. Application of nitrogen-fixing systems in soil improvement and management. FAO Soil Bulletins. FAO, Rome.
- Hannig, K., Schäfer, F., Brandt, T., 2006. Zur Laufkäferfauna (Coleoptera: Carabidae) ausgewählter Lebensräume am Südwestufer des Steinhuder Meeres, Niedersachsen. Braunschweiger naturkundliche Schriften 7, 639-652.
- Hanski, I., 1999. Metapopulation Ecology. Oxford University Press, Oxford.
- Hendriks, R.F.A., 1992. Afbraak en mineralisatie van veen. Rapport 199. Staring Centrum, Wageningen.
- Higler, L.W.G., 2008. Verspreidingsatlas Nederlandse kokerjuffers (Trichoptera). European Invertebrate Survey Nederland, Leiden.
- Higler, L.W.G., 1993. The riparian community of north-west European lowland streams. Freshwater Biology 29, 229-241.
- Hommel, P.W.F.M., A.H. Prins & H.P. Wolfert, 1996. Stroomdalgraslanden en rivierdynamiek. Behoud en ontwikkeling van bloemrijke graslanden langs de Boven-Dinkel. Landschap 1996: 299-316.
- Honnay, O., Hermy, M. & P. Coppin, 1999. Impact of habitat quality on forest plant species colonization. Forest Ecology and Management 115: 157-170.
- Jauhiainen (1998) Seed and spore banks of two boreal mires. Ann. Bot. Fennici 35: 197-201
- Jensen, K., 1998. Species composition of soil seed bank and seed rain of abandoned wet meadows and their relation to aboveground vegetation. Flora 4: 345-359.
- Kálmán, Z., Boda, R., Kálmán, A., Ortmann-Ajkai, A., Soós, N., Csabai, Z., 2011. Contribution to the aquatic Coleoptera (Hydradeephaga, Hydrophiloidae, Dryopidae) and Heteroptera (Gerromorpha, Nepomorpha) fauna of Dráva plain, SW Hungary. Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. 26, 117-134.
- Kaelke, C.M. & J.O. Dawson, 2003. Seasonal flooding regimes influence survival, nitrogen fixation, and the partitioning of nitrogen and biomass in *Alnus incana* ssp. *rugosa*. Plant and Soil 254: 167-177.
- Kazda, M., 1995. Changes in alder fens following a decrease in the ground water table: results of a geographical information system application. Journal of Ecology 32: 100-110.
- Keizer, P.J., 2003. Paddestoelvriendelijk natuurbeheer. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Keddy, P.A., 2010. Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kemmers, R.H. & S.P.J. van Delft, 2002. Bodemkundige aspecten van bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden in De Plateaux en Zijdebrug. Rapport 585. Alterra, Wageningen.
- Kemmers, R.H. & F.P. Sival, 2004. Gevolgen van waterberging voor de natuur. H2O 25(8): 28-31.

Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, F.P. Sival & P.C. Jansen, 2004. Evaluatie van basen- en voedingstoestand 10 jaar na bevoeiing van enkele OBN referentieprojecten van natte schraallanden. Rapport EC-LNV 2004-227-O. Expertisecentrum LNV, Ede.

Knecht, M.F. & A. Göransson, 2004. Terrestrial plants require nutrients in similar proportions. *Tree Physiology* 24: 447–460.
Knollenberg, W.G., Merritt, R.W., Lawson, D.L., 1985. Consumption of leaf Litter by *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta) on a Michigan woodland floodplain. *American Midland Naturalist* 113, 1-6.

Koerner, W., Dupouey, J.L., Dambrine, E., Benoit, M., 1997. Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France. *Journal of Ecology* 85: 351-358.

Komposch, C., 2000. Harvestmen and spiders in the Austrian wetland 'Hörfeld-Moor' (Arachnida: Opiliones, Araneae). *Ekológia* 19 S4, 65-77.

Koopmans, G., Chardon, W., Oenema, O. and W. van Riemsdijk, 2004. Uitmijning biedt perspectief om uitspoeling van fosfaat uit zwaarbemeste landbouwgronden te verminderen. *H2O* 37:15–18.

Köstler, J.F., Brückner, E. & H Bibelriether, 1968, *Die Wurzeln der Waldbaüme*. Parey, Hamburg.

Kronvang, B., 2003. Functioning and importance of lowland river floodplains as sinks for sediment, organic matter and nutrients during flooding. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.

Lambeets, K., Vandeheguchte, M.L., Maelfait, J.-P., Bonte, D., 2009. Integrating environmental conditions and functional life-history traits for riparian arthropod conservation planning. *Biological Conservation* 142, 625-637.

Leibold, M.A., Holyoak, M., Mouquet, N., Amarasekare, P., Chase, J.M., Hoopes, M.F., Holt, R.D., Shurin, J.B., Law, R., Tilman, D., Loreau, M., Gonzalez, A., 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters* 7, 601-613.

Levins, R., 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America* 15, 237–240.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 2000a. Increased groundwater levels cause iron toxicity in *Glyceria fluitans*. *Aquatic Botany* 66: 321-328.

Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 2000b. De effecten van verhoogde sulfaatgehalten in het grondwater op grondwater gevoede ecosystemen. *H₂O* 25/26: 28-31.

Lucassen, Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 2002. Potential sensitivity of mires to drought, acidification and mobilisation of heavy metals: the sediment S/(Ca+Mg) ratio as diagnostic tool. *Environmental Pollution* 120: 635-646.

- Lucassen, E.C.H.E.T., 2004. Biogeochemical constraints for restoration of sulphate-rich fens. Thesis, Katholieke Universiteit Nijmegen, ISBN 90-9017602-0.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Van der Salm, A.L. & J.G.M. Roelofs, 2004a. High groundwater nitrate concentrations inhibit eutrophication of sulphate-rich freshwater wetlands. *Biogeochemistry* 67: 249-267.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Van de Crommenacker, J. & J.G.M. Roelofs, 2004b. Effects of stagnating sulphate-rich groundwater on the mobility of phosphate in freshwater wetlands: a field experiment. *Archiv für Hydrobiologie* 160: 117-131.
- Lucassen, E.C.H.E.T. & J.G.M. Roelofs, 2005. Vernatten met beleid: Lessen uit het recente verleden. Specialeuitgaveherstelnattenatuur in Limburg. *NatuurhistorischMaandblad* 94: 211-215.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M. & J.G.M. Roelofs, 2005a. Water table fluctuations and groundwater supply are important in preventing phosphate eutrophication in sulphate-rich fens: consequences for wetland restoration. *Plant and Soil* 269: 109-115.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., & Roelofs, J.G.M., 2005b. Effects of temporary desiccation on the mobility of phosphorus and metals in sulphur-rich fens: differential responses of sediments and consequences for water table management. *Wetlands: Ecology and Management* 13: 135-148.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Smolders, A.J.P., Boedeltje, G., Van den Munckhof, P.J.J. & J.G.M. Roelofs, 2006. Groundwater input affecting plant distribution by controlling ammonium and iron availability. *Journal of Vegetation Science* 17: 425-434.
- Luff, M.L., 1966. The abundance and diversity of the beetle fauna of grass tussocks. *Journal of Animal Ecology* 35, 189-208
- Lundström, J.O., Schäfer, M.L., Petersson, E., Persson Vinnersten, T.Z., Landin, J., Brodin, Y., 2010. Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of using *Bacillus thuringiensis israelensis* for mosquito control. *Bulletin of Entomological Research* 100, 117-125.
- Lundkvist, E., Landin, J., Jackson, M., Svensson, C., 2003. Diving beetles (Dytiscidae) as predators of mosquito larvae (Culicidae) in field experiments and in laboratory tests of prey preference. *Bulletin of Entomological Research* 93, 219-226.
- MacVean, D.N., 1958. Ecology of *Alnus glutinosa* IV: Root system. *Journal of Ecology* 46: 219-225.
- Maelfait, J.-P., De Knijf, G., De Becker, P., Huybrechts, W., 1995. In: Růžicka, V. (ed.) *Proceedings of the 15th European Colloquium of Archnology*. Institute of Entomology, České Budějovice. P. 125-135.
- Mendelsson I.A., Batzer, D.P., 2006. Abiotic constraints for wetland plants and animals. In: Batzer, D.P., Sharitz, R.R. (eds.) *Ecology of freshwater and estuarine wetlands*. University of California Press, Berkeley. P. 82-114.

- Merritt, R.W., Lawson, D.L., 1981. Adult emergence patterns and species distribution and abundance of Tipulidae in three woodland floodplains. *Environmental Entomology* 10, 915-921.
- Mitsch, W.J., C.L. Dorge & J.R. Wiemhoff, 1979. Ecosystem dynamics and a phosphorus budget of an alluvial cypress swamp in southern Illinois. *Ecology* 60: 116-1124.
- Moller Pillot, H.K.M., 1984. De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera): Orthocladiinae sensu lato. *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 1B, 1-175.
- Móra, A., Csabai, Z., Boda, P., 2004. Larval data to the caddisfly fauna of the Szuha stream and its environments, NE Hungary (Trichoptera). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 28, 165-170.
- Nickel, A., Pelz, O., Hahn, D., Saurer, M., Siegwolf, R. & Zeyer, J. (2002) Effects of Inoculation and Leaf Litter Amendment on Establishment of Nodule-Forming Frankia Populations in Soil. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 2603-2609.
- Nötzold, R., 1996. Die Kurzflügel- und Laufkäfergemeinschaften (Staphylinidae und Carabidae) des Bodens verschiedener Erlenbruchbiotope im Raum Bornhöved und ihre Abhängigkeit von Standortfaktoren. *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement* 20, 9-46.
- Olde Venterink, H.G.M., 2000. Nitrogen, phosphorous and potassium flows controlling plant productivity and species richness. Proefschrift, Univ. Utrecht.
- Olde Venterink, H., J.E. vermaat, M. Pronk, F. Wiegman, G.E.M. van der Lee, M.W. van den Hoorn, L.W.G. Higler & J.T.A. Verhoeven, 2002. Importance of sedimentation and denitrification for plant productivity and nutrient retention in various floodplain wetlands along the river Rhine. In: Hoekstra, A.Y., H. Olde Venterink, E.F.W. Ruijgh en G.E.M. van der Lee (Eds.). *Evaluation of floodplain management strategies: the added value of wetland rehabilitation. IRMA-SPONGE project no.8*
- Orczewska, A., 2009. The impact of former agriculture on habitat conditions and distribution patterns of ancient woodland species in recent black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) woods in south-western Poland. *Forest Ecology and Management* 258: 794-803.
- Persson Vinnersten, T.Z., Lundström, J.O., Schäfer, M.L., Petersson, E., Landin, J., 2010. A six-year study of insect emergence from temporary flooded wetlands in central Sweden, with and without Bti-based mosquito control. *Bulletin of Entomological Research* 100, 715-725.
- Pigott C.D., 1971. Analysis of the response of *Urtica dioica* to phosphate. *New Phytologist* 70: 953-966.
- Pižl, V., 1999. Earthworm communities in hardwood floodplain forests of the Morava and Dyje rivers as influenced by different inundation regimes. *Ekológia* 18 (S1), 197-204.
- Poels, R.L.H., P. Schmidt, J. van den Burg, R.H. Kemmers & H.A. Verhoef, 2000. Pre-advies Natte Bossen. Verdroging, verzuring en eutrofiëring van

natte bossen in Nederland: effecten en maatregelen. OBN-rapport nr. 01. IKC natuurbeheer LNV, Wageningen.

Prescott, C.E. (2002). The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology* 22:1193-1200.

Rief, S., 1996. Einfluss der Bewirtschaftung auf ausgewählte Diptera (Nematocera: Limoniidae; Tipulidae; Trichoceridae; Brachycera: Empididae; Hydotidae; Dolichopodidae) verschiedener Ökosysteme auf Niedermoortorfen. *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement* 20, 47-76.

Riegel, T., 1996. Zur Carabidenfauna von Waldgesellschaften unterschiedlicher Feuchtestufen in einem ostniedersächsischen Waldgebiet. *Braunschweiger naturkundliche Schriften* 5, 35-53.

Roberts, M.J. 2009. Spinnengids. 2e druk. Tirion Uitgevers BV, Baarn.

Rodriguez-Barrueco, C., Miquel C. & Subramaniam P. (1984) Seasonal fluctuations of the mineral concentration of alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) from the field. *Plant and Soil* 78: 201-208.

Runhaar, J. & P.C. Jansen, 2004. Overstroming en vegetatie. Vergelijkend onderzoek in vijf regelmatig overstroomde beekdallocalaties. Rapport 1079. Alterra, Wageningen.

Runhaar, J., G. Arts, W. Knol en N. van den Brink, 2004. Waterberging en natuur. Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders. Rapport 2004-16. STOWA, Utrecht.

Runhaar, J. en M.H. Jalink, 2007(eds). Overstroming en natuur: een natuurlijke samengaan? Rapport KWR 07.004. Kiwa Water Research, Nieuwegein.

Schäfer, M.L., Lundström, J.O., Petersson, E., 2008. Comparison of mosquito (Diptera: Culicidae) populations by wetland type and year in the lower River Dalälven region, Central Sweden. *Journal of Vector Ecology* 33, 150-157.

Ścibior, R., Dunus, W., 2006. Preservation degree of wet biotopes of the Kozłowiecki landscape park based on the biodiversity of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Acta Agrophysica* 7, 495-502.

Sharitz, R.R., Batzer, D.P., 1999. An introduction to freshwater wetlands in North America and their invertebrates. In: Batzer, D.P., Rader, R.B., Wissinger, S.A. (eds.) *Invertebrates in freshwater wetlands of North America: Ecology and management*. John Wiley & Sons, New York. P. 1-24.

Selmants, P.C., Hart, S.C., Boyle, S.I., Stark, J.M., 2005. Red alder (*Alnus rubra*) alters community-level soil microbial function in conifer forests of the Pacific Northwest, USA. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1860-1868

Siebel, H.N., 1998. Floodplain forest restoration. Tree seedling establishment and tall herb interference in relation to flooding and shading. IBN Scientific Contributions nr. 9. IBN-DLO, Wageningen.

Sival, F.P., H. ten Beest & R. Engelbertink, 2010. Sedimentatie en nutriëntenaanvoer in kleine rivier- en beekdalgraslanden. Rapport 1064. Alterra, Wageningen.

Smets, K., Baeté, H., Christiaens, B., De Keersmaecker, L., Esprit, M., Van de Kerckhove, P., Walley, R., Vandekerckhove, K., 2005. Bosreservaat Coolhembos. Basisrapport. Situering, standplaats, historiek en onderzoek. IBW Bb R 2005.014. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Geraardsbergen.

Smock, L.A., 1994. Movements of invertebrates between stream channels and forested floodplains. *Journal of the North American Benthological Society* 13, 524-531.

Smolders, A.J.P., Lucassen, E.C.H.E.T., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. & Lamers, L.P.M., 2010. How nitrate leaching from agricultural lands provokes phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. *Biogeochemistry* 98: 1-7.

Smolders, A.J.P., Lucassen, E.C.H.E.T., Van der Aalst, M., Lamers, L.P.M. & J.G.M. Roelofs, 2008. Decreasing the abundance of *Juncus effusus* on former agricultural lands with noncalcareous sandy soils: possible effects of liming and soil removal. *Restoration Ecology* 16 (2): 240-248.

Späth, V., 1988. Zur Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen. *Natur und Landschaft*, 63: 312-315.

Späth, V., 2002. Hochwassertoleranz von Waldbäumen in der Rheinaue. *AFZ-Der Wald* 15: 807-810.

Wassen, M.J. & H. Olde venterink, 2006. Comparison of nitrogen and phosphorous fluxes in some European fens and floodplains. *Appl. Veg. Sci.* 9: 213-222.

Wheeler, B.D., 1999. Water and plants in freshwater wetlands. In: Baird, A.J. & R.L. Wilby, *Ecohydrology, plants and water in terrestrial and aquatic environments*, pp. 127-180.

Stańska, M., 2007. Rare and threatened spider species (Araneae) in selected types of deciduous forests in the Białowieża Forest. *Nature Conservation* 64, 13-29.

Stańska, M., Hajdamowicz, I., Żabka, M., 2002. Epigeic spiders of alder swamp forests in Eastern Poland. *Proceedings of the 19th European Colloquium of Archnology*, Århus University Press, Århus. P. 191-197.

Stegner, J., 1998. Untersuchungen zur Laufkäferfauna (Col., Carabidae) ausgewählter Waldflächen im Spreewald. *Entomologische Nachrichten und Berichte* 42, 205-210.

Stortelder, A.H.F., Hommel, P.W.F.M., De Waal, R.W., Van Dort, K.W., Vrieling, J.G. & R.J.A.M. De Wolf, 1998. Broekbossen. *Natuurhistorische Bibliotheek* nr 66. KNNV, Utrecht.

Stortelder, A.H.F., J.H.J. Schaminée en P.W.F.M. Hommel, 1999. De vegetatie van Nederland. Deel 5: Ruigten, struwelen en bossen. *Opulus Press*, Uppsala/Leiden.

Stuijzand, S., R. Van Ek & J. Klein, 2008 (eds). *Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een beekdal; Achtergrondrapport Beerze*. RWS Waterdienst rapport nr. 2007.014/Alterra rapport nr. 1631.

Summers, G., Uetz, G.W., 1979. Microhabitats of woodland centipedes in a streamside forest. *American Midland Naturalist* 102, 346-352.

Tajovský, K., Wytwer, J., 2009. Millipedes and centipedes in wetland alder stands in north-eastern Poland. *Soil Organisms* 81, 761-772.

Tajovský, K., 1999. Impact of inundations on terrestrial arthropod assemblages in southern Moravian floodplain forests, The Czech Republic. *Ekológia* 18 (S1), 177-184.

Tickner, D.O., Angold, P.G., Gurnell, A.M., Mountford J.O. & T. Sparks, 2001. Hydrology as an influence on invasion. Experimental investigations into competition between the alien *Impatiens glandulifera* and the native *Urtica dioica* in the UK. In: Brundu, G., Brock J., Camarda I., Child L. & M. Wade. *Plan invasions: Species ecology and Ecosystem Management*, pp. 159-168.

Taylor, A.N., Batzer, D.P., 2010. Spatial and temporal variation in invertebrate consumer diets in forested and herbaceous wetlands. *Hydrobiologia* 651, 145-159.

Thomaes, A., De Keesmaeker, L., De Schrijver, A., Vandekerckhove, K., Verschelde, P. & K. Verheyen, 2011. Can tree species choice influence recruitment of ancient forest species in post-agricultural forest? *Plant Ecology* 212: 573-584.

Tips, W., 1978. The spiderfauna of alder carr and other ecotypes at the Waleboscomplex. *Biologisch Jaarboek Dodonea* 46, 172-185.

Tremolières, M., V. Noël & B. Hérault, 2009. Phosphorous and nitrogen allocation in *Allium ursinum* on an alluvial floodplan (Eastern France). Is there an effect of flooding history? *Plant Soil* 324: 279-289.

Turin, H., 2000. De Nederlandse loopkevers. Verspreiding en oecologie (Coleoptera: Carabidae). *Nederlandse Fauna* 3. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij en EIS-Nederland, Leiden.

Uetz, G.W., Van Der Laan, K.L., Summers, G.F., Gibson, P.A.K., Getz, L.L., 1979. The effects of flooding on floodplain arthropod distribution, abundance and community structure. *American Midland Naturalist* 101, 286-299.

Van Bodegom, P.M., Broekman, R., van Dijk, J., Bakker, C. & Aerts, R., 2005. Ferrous iron stimulates phenol oxidase activity and organic matter decomposition in waterlogged wetlands. *Biogeochemistry* 76: 69-83.

Van Miegroet, H. & Cole, D.W., 1984. The Impact of Nitrification on Soil Acidification and Cation Leaching in a Red Alder Ecosystem. *Journal of Environmental Quality* 13: 586- 590.

Van der Hoek, W.F., Cuppen, J.G.M., 1989. Life cycle and growth of *Trichostegia minor* (Curtis) in temporary woodland pools (Trichoptera: Phryganeidae). *Aquatic Ecology* 23, 161-168.

Van der Valk, A.G., 2006. *The biology of freshwater wetlands*. Oxford University Press, Oxford.

Van der Werf, S., 1991. *Bosgemeenschappen. Natuurbeheer in Nederland deel 5*. Pudoc, Wageningen.

Vercoutere, B., 2002. De zeggekorfslak in België en Nederland. De Levende Natuur 103, 16-21.

Verheyen, K., Bossuyt, B., Hermy, M., Tack, G., 1999. The land use history (1278-1990) of a mixed hardwood forest in central Belgium and its relationship with chemical soil characteristics. Journal of Biogeography 26: 1115-1128.

Verheyen, K., Guntenspergen, G., Biesbrouck, B., Hermy, M., 2003. An integrated analysis of the effects of past land-use on forest plant species colonization at the landscape scale. Journal of Ecology 91: 731-742.

Verheyen, K. & M. Hermy, 2004. Recruitment and growth of herb-layer species with different colonizing capacities in ancient and recent forests. Journal of Vegetation Science 15: 125-134.

Valdez, M., 2008. *Frankia* Ecology In: Nitrogen-fixing Actinorhizal Symbioses, pp.49-71 (K. Pawlowski and W. E. Newton (eds.), Springer.

Vitousek, P.M. & Howarth, R.W., 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: How can it occur? Biogeochemistry 13: 87-115.

Vorst, O., Cuppen, J.G.M., 2003. Entomofauna van Meinweg en Roerdal - verslag van de 157e zomerbijeenkomst te Herkenbosch. Entomologische Berichten 63, 59-74.

Wiggins, G.B., Mackay, R.J., Smith, I.M., 1980. Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. Archiv für Hydrobiologie Supplement 58, 97-206.

Williams, D.D., 2005. Temporary forest pools; can we see the water for the trees? Wetlands Ecology and Management 13, 213-233.

Wissinger, S.A., 1999. Ecology of wetland invertebrates: Synthesis and applications for conservation and management. In: Batzer, D.P., Rader, R.B., Wissinger, S.A. (eds.) Invertebrates in freshwater wetlands of North America: Ecology and management. John Wiley & Sons, New York. P. 1043-1086.

Włodarczyk, T., 2010. Ant species composition in relation to forest associations in Szczecin Landscape Park. Polish Journal of Entomology 79, 91-99.

Zulka, K.P., 1994. Carabids in a Central European floodplain: species distribution and survival during inundations. In: Desender, K., Dufrene, M., Loreau, M., Luff, M.L., Maelfait, J.P. (eds.) Carabid Beetles: Ecology and Evolution. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. P. 399-405.

Bijlage 1

Overzicht van loopkevers aangetroffen op meer dan één locatie in natte elzenbroekbossen. Referenties 1: Notzold (1996), 2: Stegner (1998), 3: Riegel (1996), 4: Hannig et al. (2006), 5: Smets et al. (2005).

Soort	1	2	3	4	5
<i>Carabus coriaceus</i>	x		x		
<i>Carabus granulatus</i>	x	x	x	x	x
<i>Leistus terminatus</i>	x	x	x	x	x
<i>Nebria brevicollis</i>	x	x	x		x
<i>Elaphreus cupreus</i>	x		x		x
<i>Loricera pilicornis</i>	x	x	x	x	x
<i>Clivina fossor</i>		x	x		
<i>Dyschirius globosus</i>		x	x		x
<i>Harpalus latus</i>			x		x
<i>Bembidion doris</i>			x		x
<i>Bembidion mannerheimi</i>	x		x		
<i>Patrobus atrorufus</i>	x	x	x		
<i>Pterostichus anthracinus</i>		x	x		
<i>Pterostichus diligens</i>	x	x	x	x	x
<i>Pterostichus melanarius</i>	x	x	x		
<i>Pterostichus minor</i>	x	x	x	x	x
<i>Pterostichus niger</i>	x	x	x		x
<i>Pterostichus nigrita</i>		x	x		x
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>		x	x		
<i>Pterostichus rhaeticus</i>	x	x	x	x	
<i>Pterostichus strenuus</i>	x	x	x		x
<i>Abax parallelepipedus</i>	x		x		
<i>Synuchus vivalis</i>		x	x		
<i>Agonum afrum</i>		x	x		
<i>Agonum fuliginosum</i>	x	x	x	x	x
<i>Agonum viduum</i>	x	x			
<i>Platynus livens</i>		x	x	x	
<i>Limnodromus assimilis</i>	x	x	x		x
<i>Oxypselaphus obscurus</i>	x	x	x	x	x
<i>Amara plebeja</i>		x	x		
<i>Oodes helopioides</i>		x	x		
<i>Badister soldalis</i>	x		x		x
<i>Panagaeus crux-major</i>			x		x
<i>Stenolophus mixtus</i>			x	x	x

Bijlage 2

Overzicht van de spinnen in elzenbroekbossen. Referenties 1: Tips 1978 en 2: Maelfait et al. 1995 (Walenbos, België: *Alnus glutinosa* met ondergroei van *Carex* sp), 3: Stanska et al. 2002 (Polen, Białowieża en Poleski: boomlaag *Betula pubescens* en *Alnus glutinosa*, ondergroei *Rhamnus frangula*, *Carex elongata*, *Thelypteris palustris*, *Solanum dulcamara*, *Iris pseudocorus*, *Menyanthes trifoliata*, laagtes bevatten vrijwel het gehele jaar water), 4: Komposch 2000 (Oostenrijk, Hörfeld-Moor: *Alnus incana* met ondergroei *Scirpus sylvaticus*, *Caltha palustris*, *Filipendula ulmaria*), 5: Cuppen & Vorst 2004 (Nederland, Reutumerveen: elzen- en berkenbroekbos), 6: Smets et al. 2005 (België, Coolhembos: elzenbroekbos geïnundeerd in wintermaanden).

Soort	Familie	1	2	3	4	5	6
<i>Cicurina cicur</i>	Agelenidae	x	x	x			
<i>Coelotes terrestris</i>	Agelenidae	x	x				
<i>Histopona torpida</i>	Agelenidae	x					
<i>Tegenaria atrica</i>	Agelenidae	x					
<i>Tegenaria picta</i>	Agelenidae		x				
<i>Tegenaria saeva</i>	Agelenidae	x					
<i>Amaurobius fenestralis</i>	Amaurobiidae			x			
<i>Anyphaena accentuata</i>	Anyphaenidae	x					
<i>Araneus alsine</i>	Araneidae				x		
<i>Araneus diadematus</i>	Araneidae			x			
<i>Agroeca brunnea</i>	Liocranidae	x	x				
<i>Clubiona caerulescens</i>	Clubonidae	x					
<i>Clubiona comta</i>	Clubonidae	x	x				
<i>Clubiona germanica</i>	Clubonidae			x	x		
<i>Clubiona lutescens</i>	Clubonidae	x	x	x	x	x	x
<i>Clubiona pallidula</i>	Clubonidae			x			
<i>Clubiona phragmitis</i>	Clubonidae			x	x		
<i>Clubiona reclusa</i>	Clubonidae				x		
<i>Clubiona rosserae</i>	Clubonidae			x			
<i>Clubiona terrestris</i>	Clubonidae	x		x			
<i>Phrurolithus festivus</i>	Liocranidae						x
<i>Dictyna uncinata</i>	Dictynidae					x	
<i>Drassodes lapidosus</i>	Gnaphosidae	x					
<i>Drassyllus pusillus</i>	Gnaphosidae			x			
<i>Haplodrassus cognatus</i>	Gnaphosidae			x			
<i>Haplodrassus silvestris</i>	Gnaphosidae			x			
<i>Zelotes latreillei</i>	Gnaphosidae			x			
<i>Zelotes subterraneus</i>	Gnaphosidae			x			

<i>Antistea elegans</i>	Hahniidae	x	x	x			
<i>Hahnia helveola</i>	Hahniidae	x					
<i>Hahnia pusilla</i>	Hahniidae	x	x				
<i>Agyneta conigera</i>	Linyphiidae			x			
<i>Agyneta ramosa</i>	Linyphiidae		x				
<i>Agyneta subtilis</i>	Linyphiidae	x	x	x			
<i>Allomengea vidua</i>	Linyphiidae			x			
Soort (vervolg)	Familie	1	2	3	4	5	6
<i>Anguliphantes angulipalpis</i>	Linyphiidae			x			
<i>Araeoncus humilis</i>	Linyphiidae	x					
<i>Bathypantes approximatus</i>	Linyphiidae			x	x		
<i>Bathypantes gracilis</i>	Linyphiidae	x	x				x
<i>Bathypantes nigrinus</i>	Linyphiidae	x	x	x	x	x	x
<i>Bathypantes parvulus</i>	Linyphiidae			x			
<i>Centromerita bicolor</i>	Linyphiidae			x			
<i>Centromerus aequalis</i>	Linyphiidae	x	x				
<i>Centromerus dilutus</i>	Linyphiidae	x	x				
<i>Centromerus levitarsis</i>	Linyphiidae			x			
<i>Centromerus semiater</i>	Linyphiidae			x			
<i>Centromerus sylvaticus</i>	Linyphiidae	x	x	x	x		x
<i>Ceratinella brevipes</i>	Linyphiidae			x			
<i>Ceratinella brevis</i>	Linyphiidae			x	x		
<i>Ceratinella scabrosa</i>	Linyphiidae	x	x				x
<i>Diplocephalus latifrons</i>	Linyphiidae				x		
<i>Diplocephalus picinus</i>	Linyphiidae	x	x	x			x
<i>Diplostyla concolor</i>	Linyphiidae	x	x	x	x	x	x
<i>Drapetisca socialis</i>	Linyphiidae	x		x			
<i>Drepanotylus uncatulus</i>	Linyphiidae				x		
<i>Dicymbium nigrum</i>	Linyphiidae			x			
<i>Dicymbium tibiale</i>	Linyphiidae		x	x			
<i>Entelecara congenera</i>	Linyphiidae				x		
<i>Erigone atra</i>	Linyphiidae			x			x
<i>Erigonella hiemalis</i>	Linyphiidae			x	x		
<i>Glyphesis servulus</i>	Linyphiidae	x	x				
<i>Gnathonarium dentatum</i>	Linyphiidae						x
<i>Gonatium rubellum</i>	Linyphiidae	x	x	x			
<i>Gongylidiellum latebricola</i>	Linyphiidae	x					
<i>Gongylidiellum murcidum</i>	Linyphiidae			x			
<i>Gongylidium rufipes</i>	Linyphiidae	x	x	x			x
<i>Helophora insignis</i>	Linyphiidae	x		x	x		
<i>Hypomma cornutum</i>	Linyphiidae					x	
<i>Lepthyphantes minutus</i>	Linyphiidae			x			
<i>Linyphia emphana</i>	Linyphiidae	x					
<i>Linyphia hortensis</i>	Linyphiidae			x		x	
<i>Linyphia triangularis</i>	Linyphiidae	x		x	x		
<i>Lophomma punctatum</i>	Linyphiidae	x		x	x		x

<i>Macrargus rufus</i>	Linyphiidae	x	x	x			
<i>Maro minutus</i>	Linyphiidae			x			
<i>Maro sublestus</i>	Linyphiidae	x					
<i>Maso sundevalli</i>	Linyphiidae	x	x	x	x	x	x
<i>Meioneta affinis</i>	Linyphiidae			x			
<i>Meioneta innotabilis</i>	Linyphiidae			x			
<i>Meioneta mollis</i>	Linyphiidae						x
Soort (vervolg)	Familie	1	2	3	4	5	6
<i>Micrargus herbigradus</i>	Linyphiidae	x	x	x			
<i>Microneta viaria</i>	Linyphiidae	x	x				x
<i>Monocephalus fuscipes</i>	Linyphiidae	x	x				
<i>Neriere clathrata</i>	Linyphiidae	x		x		x	x
<i>Neriere emphana</i>	Linyphiidae			x			
<i>Neriere furtiva</i>	Linyphiidae			x			
<i>Neriere montana</i>	Linyphiidae			x			
<i>Oedothorax fuscus</i>	Linyphiidae	x					x
<i>Oedothorax gibbosus</i>	Linyphiidae	x		x		x	x
<i>Oedothorax tuberosus</i>	Linyphiidae		x				
<i>Oedothorax retusus</i>	Linyphiidae			x	x		x
<i>Palliduphantes ericaeus</i>	Linyphiidae	x	x				
<i>Palliduphantes pallidus</i>	Linyphiidae	x	x				x
<i>Pelecopsis mengei</i>	Linyphiidae			x			
<i>Pelecopsis radicola</i>	Linyphiidae	x					
<i>Pityohyphantes phrygianus</i>	Linyphiidae			x			
<i>Pocadicnemis juncea</i>	Linyphiidae			x			x
<i>Pocadicnemis pumila</i>	Linyphiidae	x		x			
<i>Poeciloneta globosa</i>	Linyphiidae	x					
<i>Porrhomma egeria</i>	Linyphiidae	x					
<i>Porrhomma oblitum</i>	Linyphiidae			x	x		
<i>Porrhomma pygmaeum</i>	Linyphiidae			x			x
<i>Saaristoa abnormis</i>	Linyphiidae	x	x			x	
<i>Saloca diceros</i>	Linyphiidae	x					
<i>Savignia frontata</i>	Linyphiidae			x			
<i>Tallusia experta</i>	Linyphiidae			x			x
<i>Tapinocyba insecta</i>	Linyphiidae	x		x			x
<i>Taranucnus setosus</i>	Linyphiidae			x			
<i>Tenuiphantes alacris</i>	Linyphiidae			x			
<i>Tenuiphantes cristatus</i>	Linyphiidae	x	x	x			
<i>Tenuiphantes flavipes</i>	Linyphiidae	x	x	x		x	x
<i>Tenuiphantes mengei</i>	Linyphiidae	x					x
<i>Tenuiphantes tenebricola</i>	Linyphiidae		x	x			
<i>Tenuiphantes tenuis</i>	Linyphiidae	x	x				x
<i>Tenuiphantes zimmermanni</i>	Linyphiidae	x	x			x	x
<i>Tiso vagans</i>	Linyphiidae			x			
<i>Walckenaeria acuminata</i>	Linyphiidae	x	x				x
<i>Walckenaeria alticeps</i>	Linyphiidae			x			

<i>Walckenaeria antica</i>	Linyphiidae			x			
<i>Walckenaeria atrotibialis</i>	Linyphiidae		x	x			x
<i>Walckenaeria cuspidata</i>	Linyphiidae		x	x			x
<i>Walckenaeria dysderoides</i>	Linyphiidae		x				
<i>Walckenaeria kochi</i>	Linyphiidae			x			
<i>Walckenaeria melanocephala</i>	Linyphiidae	x					
<i>Walckenaeria nudipalpis</i>	Linyphiidae	x	x	x	x		x
Soort (vervolg)	Familie	1	2	3	4	5	6
<i>Walckenaeria obtusa</i>	Linyphiidae	x		x			
<i>Walckenaeria vigilax</i>	Linyphiidae			x			
<i>Agroeca proxima</i>	Liocranidae			x			
<i>Agraecina striata</i>	Liocranidae			x			
<i>Hygrolycosa rubrofasciata</i>	Lycosidae					x	
<i>Pardosa amentata</i>	Lycosidae		x	x	x	x	
<i>Pardosa lugubris</i>	Lycosidae		x	x			
<i>Pardosa paludicola</i>	Lycosidae			x			
<i>Pardosa pullata</i>	Lycosidae			x			x
<i>Pirata piscatorius</i>	Lycosidae			x			
<i>Pirata piraticus</i>	Lycosidae	x		x			x
<i>Pirata hygrophilus</i>	Lycosidae	x	x	x	x	x	x
<i>Pirata latitans</i>	Lycosidae	x		x			x
<i>Pirata tenuitarsis</i>	Lycosidae			x			
<i>Pirata uliginosus</i>	Lycosidae			x			
<i>Trochosa ruricola</i>	Lycosidae			x			
<i>Trochosa spinipalpis</i>	Lycosidae			x		x	x
<i>Trochosa terricola</i>	Lycosidae		x		x	x	
<i>Meta mengei</i>	Tetragnatidae	x		x		x	
<i>Meta merianae</i>	Tetragnatidae	x					x
<i>Meta segmentata</i>	Tetragnatidae	x		x			
<i>Ero cambridgei</i>	Mimetidae			x			
<i>Ero furcata</i>	Mimetidae	x					
<i>Dolomedes fimbriatus</i>	Pisauridae				x		
<i>Euophrys frontalis</i>	Salticidae			x			
<i>Neon reticulatus</i>	Salticidae			x		x	
<i>Pachygnatha clercki</i>	Tetragnatidae	x	x	x		x	x
<i>Pachygnatha degeeri</i>	Tetragnatidae			x			
<i>Pachygnatha listeri</i>	Tetragnatidae	x	x	x			
<i>Tetragnatha montana</i>	Tetragnatidae				x	x	
<i>Tetragnatha nigrita</i>	Tetragnatidae					x	
<i>Achaearanea lunata</i>	Theridiidae					x	
<i>Enoplognatha ovata</i>	Theridiidae				x	x	
<i>Theridion tinctum</i>	Theridiidae			x			
<i>Pholcomma gibbum</i>	Theridiidae	x					
<i>Robertus arundineti</i>	Theridiidae			x			
<i>Robertus lividus</i>	Theridiidae	x	x	x	x		x
<i>Theridiosoma gemmosum</i>	Theridiosomatidae					x	x

<i>Ozyptila praticola</i>	Thomisidae			x	
<i>Ozyptila trux</i>	Thomisidae	x	x	x	x
<i>Xysticus cristatus</i>	Thomisidae			x	
<i>Zora spinimana</i>	Zoridae	x		x	

Bijlage 3

Wormen in een Duits elzenbroekbos van het type *Carici elongatae*-*Alnetum iridetosum* (Beylich & Graefe, 2002). Status NL: voorkomen van soort in Nederland, een + geeft aan dat een soort in Nederland is aangetroffen

Soort	Status NL	Abundantie per m ²
Lumbricidae		
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	+	10-30
<i>Lumbricus rubellus</i>	+	10-30
<i>Eiseniella tetraedra</i>	+	1-10
<i>Octolasion tyrtaeum tyrtaeum</i>	+	30-100
Enchytraeidae		
<i>Marionina clavata</i>	+	<1000
<i>Cognettia sphagnetorum</i>	+	3000-10.000
<i>Mesenchytraeus sanguineus</i>	niet bekend uit NL	<1000
<i>Cognettia cognettii</i>	+	<1000
<i>Cernosvitoviella atrata</i>	status onduidelijk	<1000
<i>Fridericia</i> sp.	status onduidelijk	<1000
<i>Mesenchytraeus armatus</i>	+	<1000
<i>Cognettia glandulosa</i>	+	1000-3000

Bijlage 4

Waterkevers waargenomen in elzenbroekbossen. Referenties: 1. Csabai et al. 2003, 2. Kalman et al. 2011, 3. Buczyński et al. 2009, 4. Cuppen et al. 2003. Habitat naar Drost et al. 1992 (+): bewoner van (veen)moerassen, broekbossen, zeggenvegetaties, bospoelen.

Soort	Familie	1	2	3	4	HP	Soort	Familie	1	2	3	4	HP
<i>Haliplus heydeni</i>	Haliplidae			x			<i>Ilybius fuliginosus</i>	Dytiscidae	x				
<i>Haliplus ruficollis</i>	Haliplidae			x			<i>Ilybius chalconatus</i>	Dytiscidae	x				+
<i>Noterus crassicornis</i>	Noteridae		x	x			<i>Ilybius guttiger</i>	Dytiscidae				x	+
<i>Noterus clavicornis</i>	Noteridae			x			<i>Cybister lateralimarginalis</i>	Dytiscidae		x			
<i>Hydroglyphus geminus</i>	Dytiscidae		x				<i>Rhantus suturalis</i>	Dytiscidae		x			
<i>Hygrotus decoratus</i>	Dytiscidae		x	x		+	<i>Rhantus grapii</i>	Dytiscidae		x		x	+
<i>Hygrotus inaequalis</i>	Dytiscidae			x			<i>Acilius canaliculatus</i>	Dytiscidae			x	x	+
<i>Hyphydrus ovatus</i>	Dytiscidae		x				<i>Hydaticus seminiger</i>	Dytiscidae			x		
<i>Hydroporus angustatus</i>	Dytiscidae		x	x			<i>Hydaticus transversalis</i>	Dytiscidae		x			
<i>Hydroporus erythrocephalus</i>	Dytiscidae			x			<i>Graphoderus cinereus</i>	Dytiscidae		x			
<i>Hydroporus incognitus</i>	Dytiscidae			x		+	<i>Hydraena riparia</i>	Hydraenidae				x	
<i>Hydroporus palustris</i>	Dytiscidae	x		x			<i>Spercheus emarginatus</i>	Spercheidae		x			
<i>Hydroporus planus</i>	Dytiscidae	x					<i>Helophorus granularis</i>	Hydrophilidae			x		+
<i>Hydroporus tristis</i>	Dytiscidae			x		+	<i>Helophorus brevipalpis</i>	Hydrophilidae	x				

<i>Hydroporus umbrosus</i>	Dytiscidae	x	+	<i>Helophorus dorsalis</i>	Hydrophilidae	x		+
<i>Hydroporus scalesianus</i>	Dytiscidae		x	+	<i>Anacaena lutescens</i>	Hydrophilidae	x	x
<i>Graptodytes granularis</i>	Dytiscidae	x		+	<i>Anacaena globulus</i>	Hydrophilidae	x	
<i>Suphrodytes dorsalis</i>	Dytiscidae	x		+	<i>Hydrobius fuscipes</i>	Hydrophilidae	x	x
<i>Copelatus haemorrhoidalis</i>	Dytiscidae	x			<i>Limnoxenus niger</i>	Hydrophilidae		x
<i>Agabus sturmii</i>	Dytiscidae	x			<i>Chaetarthria simillima</i>	Hydrophilidae		x
<i>Agabus undulatus</i>	Dytiscidae	x			<i>Hydrochara caraboides</i>	Hydrophilidae	x	x

Bijlage 5

Overzicht geconstateerde kennishiaten

1. Fauna

- 1.1. Wat is de kwantitatieve relatie tussen de lengte en fenologie van de inundatieperiode en de soortenrijkdom, soortensamenstelling en/of levensstrategieën van aquatische en (semi-) terrestrische ongewervelden?
- 1.2. Wat is het belang van habitatheterogeniteit (vegetatiestructuur, hydrologie en reliëf, beschaduwing) voor de soortensamenstelling, en kan deze relatie worden gekwantificeerd? Stuur de plantensoortensamenstelling op de bosbodem de levensgemeenschap, al dan niet via het microklimaat, of zijn het puur de elzenbomen in combinatie met de samenstelling van de strooisellaag?
- 1.3. Hoe belangrijk zijn ruimtelijke relaties tussen het broekbos en hoger gelegen delen van het beekdal? Hoeveel uitwisseling treedt er op tussen deze habitats (bijvoorbeeld tijdens inundatie of na droogval) en hoe belangrijk is deze uitwisseling voor het functioneren van het systeem? Is er een verschil tussen een broekbos grenzend aan een droger bostype of grenzend aan een landbouwgebied?

2. Vernatting van broekbossen

- 2.1. In hoeverre beïnvloedt de veranderde kwaliteit van het grondwater de ontwikkeling- en herstelpotenties van broekbossen?
- 2.2. Zijn negatieve effecten van vernattingmaatregelen (zoals o.a. waargenomen in het Kaldenbroek en Koelbroek) omkeerbaar door het aanpassen van het hydrologische regime?
- 2.3. Hoe kunnen vernattingmaatregelen het beste worden uitgevoerd? Hoe geleidelijk moet het waterpeil worden verhoogd om negatieve effecten te voorkomen?

3. Effecten van overstroming

- 3.1. In hoeverre leidt overstroming met beekwater tot eutrofiëring in broekbossen, en in hoeverre hangt de gevoeligheid van de vegetatie voor eutrofiëring af van de al of niet aanwezigheid van kwel? Is het mogelijk aan te geven onder welke omstandigheden eutrofiëring te verwachten is?
- 3.2. Wat zijn directe en indirecte gevolgen van overstroming met beekwater op de fauna? Is het mogelijk een relatie te leggen tussen de lengte en fenologie van de inundatieperiodes en de soortensamenstelling en/of levensstrategieën van ongewervelden in Nederlandse broekbossen? Bij welk inundatieregime treedt dominantie op van eurytope soorten en verarmt de aquatische fauna door te geringe mogelijkheden tot het doorlopen van de aquatische fase van de levenscyclus?

- 3.3. Welk effect heeft voedselrijk oppervlaktewater op de fauna en welke consequenties hebben veranderingen in de waterkwaliteit voor de fauna?

4. (Her)ontwikkeling van broekbossen

- 4.1. Welke nutriënten zijn limiterend voor de groei van karakteristieke plantensoorten in broekbossen en bestaan er verschillen tussen locaties met een verschillend hydrologisch regime? (bv. kwelplek versus regelmatig droogvallende plek). In hoeverre vormt ook licht een beperkende factor voor de productiviteit van de ondergroei?
- 4.2. Geldt ook voor broekbossen dat karakteristieke langzame groeiers (i.t.t. algemene snelle groeiers), door de hoge turnover onder P-rijke condities, hun levenscyclus niet kunnen voltooien waardoor ze zich na kieming en vestiging uiteindelijk niet kunnen handhaven op vernatte landbouwbodem (zonder afgraven)?
- 4.3. Wat is het effect van het aanbrengen van *Alnus* litter op landbouwbodem, op de kieming, vestiging en ontwikkeling (kwantitatief en kwalitatief) van plantensoorten (zowel spontaan als aangebracht)?
- 4.4. Hoe ontwikkelt de ondergroei van elzen- en berkenbroek zich bij verschillende nutriëntengehalten van de bodem?
- 4.5. Verbeterd het verwijderen van de voedselrijke toplaag de ontwikkelingsmogelijkheden van broekbossen op voormalige landbouwgronden?

5. Beheer

- 5.1. Welke mogelijkheden biedt hakhoutbeheer voor verhoging van de cultuurhistorische waarde én de biodiversiteit in broekbossen? Onder welke condities leidt hakhoutbeheer tot een toename van de structuurvariatie en een afname van de nutriëntenbeschikbaarheid? En onder welke condities juist tot verruiging en een afname van de diversiteit?

Bijlage 6

Toelichting en vragenlijst gebruikt bij interviews waterschappen

Achtergrond

Doel van het OBN project 'Herstel broekbossen' is een actualisatie van het preadvies Natte Bossen uit 2000. In het preadvies lag de nadruk op verdroging en verdrogingsbestrijding. In het huidige project wordt ingegaan op een aantal aspecten die in het preadvies niet of slechts summier worden behandeld. Onder meer wordt aandacht besteed aan de ontwikkeling van nieuwe broekbossen op voormalige landbouwgronden en de mogelijkheden om ontwikkeling en behoud van broekbossen te combineren met waterberging.

Via interviews met water- en natuurbeheerders proberen we een antwoord te krijgen op de volgende vragen:

- A In hoeverre worden bestaande broekbossen reeds beïnvloed of zullen ze beïnvloed worden door waterberging in beekdalen? Wat is de bestaande of geplande overstromingsdynamiek?
- B In hoeverre bestaan er plannen voor, of is al begonnen met, de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden?
- C Welke vragen leven er bij water- en natuurbeheerders ten aanzien van ontwikkeling van broekbossen en hoe sluiten die aan bij de in de review gesignaleerde kennishiaten?

Vragenlijst

Zowel voor de beantwoording van de algemene onderzoeksvragen (zie achtergrond) als voor de selectie van mogelijke onderzoekslocaties willen we graag (voor zover mogelijk) een antwoord op de volgende detailvragen:

1 Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die nu al regelmatig overstromen met beekwater, en zo ja wat is er bekend over de volgende karakteristieken:

- met welke frequentie, en vanaf wanneer overstroomd?
- wat is er bekend over hydrologie, is er (nog) sprake van kwel?
- wat is er bekend over de vegetatieontwikkeling, is er (nog) sprake van een goed ontwikkeld broekbos met kenmerkende soorten?
- wat is de grootte van het gebied?

2 Zijn er plannen voor waterberging of wordt er gewerkt aan uitvoering van projecten die zullen leiden tot overstroming van broekbossen, en zo ja wat is er bekend over de volgende karakteristieken:

- met welke frequentie zal overstroming met beekwater plaatsvinden?
- wat is er bekend over hydrologie, is er (nog) sprake van kwel?
- wat is er bekend over de vegetatieontwikkeling, is er (nog) sprake van een goed ontwikkeld broekbos met kenmerkende soorten?
- wat is de grootte van het gebied?
- wat is planning, wanneer wordt project gerealiseerd?

3 Voor zover relevant: Hoe wordt bij opstellen van plannen voor waterberging omgegaan met mogelijke effecten op broekbossen?

4 Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die zijn ontstaan op voormalige landbouwgronden, en zo ja:

- wat is hydrologische situatie (grondwaterstand, aanwezigheid kwel)?
- wat is uitgangssituatie ten aanzien van bodem (zand, veen, dikte organische laag)
- wat is er bekend over voedselrijkdom toplaag, is wel of niet afgegraven?
- wat is er bekend over de vegetatieontwikkeling?

5 Zijn er plannen voor, of wordt er gewerkt aan, de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden, en zo ja:

- wat is hydrologische situatie (grondwaterstand, aanwezigheid kwel)?
- wat is uitgangssituatie ten aanzien van bodem (zand, veen, dikte organische laag),
- wat is er bekend over voedselrijkdom toplaag, wordt er wel of niet afgegraven?
- wat is planning, wanneer wordt project gerealiseerd?

6 Worden in gebieden waar broekbossen voorkomen of mogelijk in de toekomst zullen worden ontwikkeld (grond)waterkwaliteitsmetingen gedaan

- Oppervlaktewater?
- Grondwater?
- Overig?

Bijlage 7

Verslag inventarisatie Waterschap De Dommel

Interview Han Runhaar met Mark Scheepens en Ron Schippers (Waterschap De Dommel), 11 sept. 2011-09-09

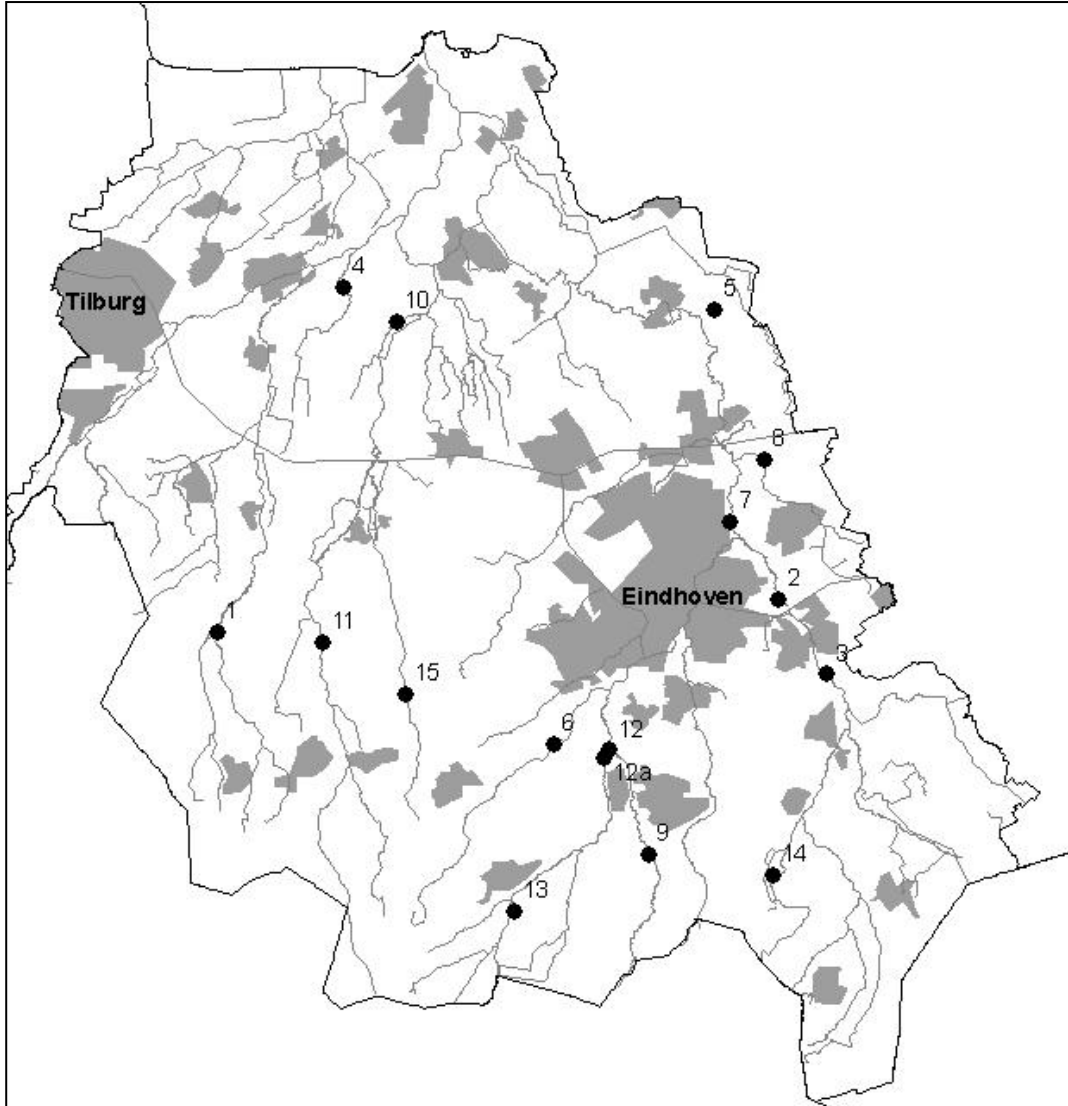
Conclusies

- 'Echt goed ontwikkelde kwelgevoede elzenbroekbossen (*Carici elongatae -alnetum*) komen in waterschap maar weinig voor en zijn vooral gelegen op laagtes buiten het overstromingsbereik van de beken, mogelijk met uitzondering van (1) Wellenseind in het verleden. De Moerkuilen (5) liggen wel in Dommeldal maar in gedeelte ver van de Dommel waar geen directe invloed overstromingswater te verwachten is. Natte bossen in Nuenens Broek (8) liggen buiten eigenlijke beekdal.
- Wat wel veel voorkomt in de beekdalen zijn elzen-eikenbossen, die gekenmerkt worden door het feit dat grondwaterstanden in de zomer vrij sterk wegzakken; op plekken waar water wordt gestuwd (vooral stroomopwaarts van watermolens) komen vooral natte wilgenstruwelen voor.
- Situaties waar goed ontwikkelde kwelgevoede broekbossen als gevolg van waterberging dreigen te overstromen met beekwater komen eigenlijk niet voor; Urkhovense Zeggen (2) was wel eerst gepland als waterbergingsgebied, maar vanwege mogelijke negatieve gevolgen voor aanwezige blauwgraslanden is waterberging verplaatst naar zuidelijker gebied, de Rietbeemden (3)
- Overstroming van kwelgevoede broekbossen zou wel kunnen gaan optreden in Groot Goor (6), waar beekherstel wordt gecombineerd met vernatting van aanwezige (broek)bossen en waterberging (met geplande intensiteit van ééns in de 25 jaar); ook bij Smalbroeken zou op termijn weer regelmatige overstroming plaats kunnen gaan vinden wanneer by-pass (Heiloo) wordt verwijderd; is echter discussiepunt, en op korte termijn uitgesloten vanwege negatieve effecten op aanwezige natte schraalgraslanden. Ook bij Grijze Steen in toekomst mogelijk (zonder ingrijpen) overstroming van aanwezige eiken-elzenbossen na beekherstel.
- Broekbosherstel vindt plaats in de Kromhurken (13) waar delen van het beekdal oppervlakkig zijn afgegraven. Langs Kleine Beerze bij Hoogeloon is recent ook landbouwgebied vrijgekomen waar beoogd wordt elzenbroekbos te ontwikkelen.
- Belangrijkste vraag is wat voor type (broek)bossen je op termijn kunt krijgen in waterbergingsgebieden.
- Bij natuurontwikkeling en beekherstel over het algemeen weinig aandacht voor broekbossen, nadruk in de beekdalen ligt op behoud en ontwikkeling van natte schraalgraslanden, mede omdat er maar weinig goed ontwikkelde broekbossen voorkomen.

Locaties

1. *Wellenseind* (langs bovenloop Reusel in landgoed De Utecht) overstroomt regelmatig. Was vroeger wel kwelgevoed elzenbroekbos maar is op rabatten gelegd en bovendien wordt aangrenzende infiltratiegebied ontwaterd tbv landbouw. Ondergroei is sterk verruigd met veel Brandnetel.
2. *Colsche Zeggen/Urkhovense Zeggen* langs de Dommel bij Eindhoven, was gepland als waterbergingsgebied, maar vanwege mogelijke negatieve gevolgen voor aanwezige blauwgraslanden is waterberging verplaatst naar zuidelijker gebied.
3. *de Rietbeemden*.
4. Langs de *benedenloop van de Rosep* treedt wel jaarlijks overstroming op, maar gaat om smalle zone langs de beek, geen echt elzenbroek maar wilgenstruweel op permanent natte grond met veenvorming
5. *De Moerkuilen* liggen in het Dommeldal bij St Oedenrode; goed ontwikkeld elzenbroek met veel veenmossen, Elzenzegge en Slangenwortel. Liggt wel binnen overstromingsvlakte van de Dommel (ligt oostelijk van de Dommelbeemden) maar invloed van rivierwater is waarschijnlijk zeer gering vanwege afstand tot de Dommel (bijna een kilometer).
6. *Het Grootgoor* ligt langs de Run bij Steensel ligt in gepland waterbergingsgebied, met verwachte overstromingsfrequentie van 1 x per 25 jaar. Bossen zijn nu sterk verdroogd met veel Braam en Stekelvaren als gevolg van parallelsloot. Er liggen ook een paar kleine natte stukjes met veel zeggen. Als onderdeel van beekherstel wordt bos vernat. Vraag is in hoeverre bosherstel verenigbaar is met incidentele overstroming.
7. *Dommeldal nabij Eindhoven*, bij waterzuiveringsinstallatie: vooral populierenbos.
8. *Heerendonk/Nuenens Broek*, rijke vochtige en natte bossen op Brabantse leem, liggen buiten eigenlijke beekdal, niet duidelijk op welke schaal hier ook echte broekbossen voorkomen.
9. *Malpiebeemden*, hier liggen aan de oostflank van de Dommel natte bossen/struwelen, vooral veel wilgen; staat jaarrond plas-dras, loopt regelmatig onder.
10. *Smalbroeken*: zijn meer eiken-elzenbossen met diep wegzakkende zomergrondwaterstanden, niet meer overstroomd omdat bij hoge afvoeren Beerwater wordt omgeleid via de Heiloo. In de zuidelijker gelegen Logtste Velden (10a) broekbossen waren mogelijk in verleden vergelijkbaar met die in de Smalbroeken, of vanwege regionale kwel iets beter; is nu sterk verruigd met Brandnetels en Liesgras door regelmatige overstroming.
11. In de *Grijze Steen* liggen eiken-elzenbroeken, bossen aan oostzijde worden nu niet overstroomd, zou in toekomst wel kunnen gaan gebeuren bij volgende fase beekherstel; gebied aan linkerzijde wordt door kade gevrijwaard van overstroming vanwege aanwezigheid schraalgraslandrestanten; het waterbergingsgebied aan de oostzijde (voormalige landbouwgebied) overstroomt wel regelmatig; hier wordt gestreefd naar korte vegetaties, maar vindt veel opslag van wilgen plaats (en massale groei *Watercrassula* in geul).
12. *de Elshouters*, langs de Dommel bij Waalre: zuidelijke stuk langs de Dommel overstroomt, maar niet bekend hoe begroeiing er uit ziet; in noordelijke deel wel goed ontwikkeld elzenbroek, maar niet bekend of dit overstroomt (misschien bekend bij IVN-Veldhoven). In de iets zuidelijker langs de Keersop gelegen Gagelvelden (12a) liggen vooral natte, vaak overstroomde wilgenstruwelen, sterk verruigd met veel Riet, jaarrond nat door opstuwing door de Volmolen bij Waalre.
13. De *Kromhurken* langs de Keersop: hier zijn paar stukken voormalige landbouwgrond oppervlakkige afgegraven, met als doel hier elzenbroek te ontwikkelen; westelijk deel overstroomt regelmatig, oostelijk deel is wel nat maar wordt door kade met LOP-stuwtje gevrijwaard van overstroming.

14. *Strijper Aa*: in noordelijk deel goed ontwikkelde kwelgevoed elzenbroekbos, wordt niet overstroomd; in zuidelijker deel op termijn wel overstroming/inundatie, maar met schoon water (oorspronggebied van Strijper Aa waar zich na vernatting weer een ca natuurlijk oorspronggebied ontwikkelt, met diffuse afstroming maar zonder duidelijke beek).
15. *Natuurontwikkeling langs de Kleine Beerze bij Hoogeloon*: is in kader compensatie recent aangekocht, hier zou op linkeroever elzenbroek moeten worden ontwikkeld.



Figuur B7-1: Overzicht in tekst besproken broekboslocaties.

Bijlage 8

Verslag inventarisatie Drenthe

Interview Uko Vegter (Hunze & Aa's/Drenths Landschap) 14 sept 2011
door Han Runhaar

Conclusies Hunze en Aa's

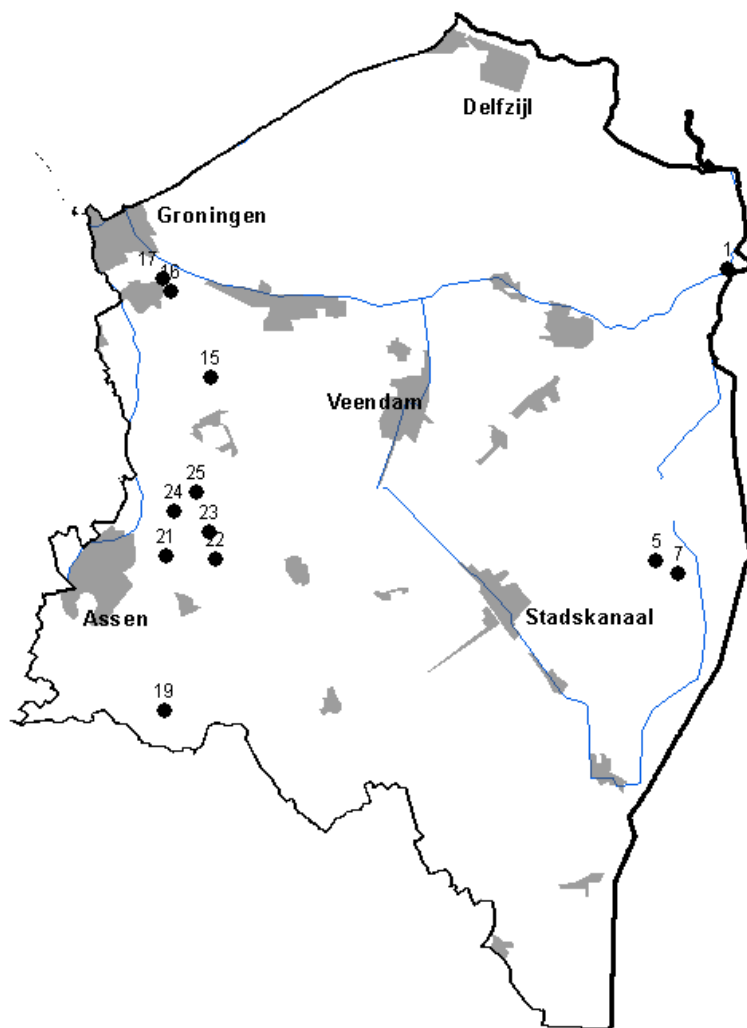
- In gebied Hunze en Aa's liggen aantal grote waterbergingsgebieden, vooral langs Hunze en Ruiten Aa en aan benedenloop Drentse Aa; doelstelling is echter om deze gebieden open te houden, gestreefd wordt naar natte graslanden en moeras; hiervoor wordt gebruik gemaakt van extensieve begrazing; in zeer natte gebieden en langdurig geïnundeerde gebieden is de veronderstelling dat vraat van (in Hunzedal uitgezette) bevers voldoende is om verbossing tegen te gaan.
- Bij de waterberging aan de benedenloop van de Drentse Aa (*polder Oost-Lappenvoort*) is wel enige discussie of hele gebied open kan worden gehouden en of hier niet ook gedacht zou moeten worden/rekening gehouden zou moeten worden met ontwikkeling van broekbossen; vanwege ontbreken van kwel wordt hier niet direct aan elzenbroekbos gedacht
- Overstroming van bestaande broekbossen als gevolg van waterberging en beekherstel is nauwelijks aan de orde; voor zover er bossen liggen binnen waterbergingsgebieden gaat het om jonge aangeplante bossen, zoals bij *bos op Houwingaham (Kuurbos)* (1)
- Bestaande waardevolle broekboscomplexen worden buiten waterberging gehouden; in beekdalen wordt wel gestreefd naar herstel van verdroogde broekbossen door ongedaan maken ontwatering in gebied zelf en in aangrenzende infiltratiegebieden (*5 Lieftingsbroek, 21 Smalbroeker laagje, 23 Gasterse Holt, 25 Burgvallen*); in elzenbroekbos op laagveen (*15 Zuidelijke Oeverlanden Zuidlaardermeer, 16 Harener Wildernis, 17 Oosterpolder*) blijft waterpeil gereguleerd.
- Slechts op paar plekken wordt bewust gestreefd naar ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden; bij de *Holmers/Halkenbroek* (19) is 20 jaar geleden oppervlakkig is afgegraven en heeft zich inmiddels spontaan (elzen)broekbos ontwikkeld aan randen gebied; plannen zijn om gebied met broekbosontwikkeling uit breiden in noordelijke richting; bij *Scheebroeker loopje* (22) liggen plannen klaar voor broekbosontwikkeling; hier wordt niet afgegraven; waterloop wordt gedicht zodat er vernatting en oppervlakkige waterafvoer plaats vindt; verwachting is dat hier zonder beheer spontane broekbosontwikkeling zal plaatsvinden
- bij de *Heest* (24) is na vernatting spontaan bosontwikkeling opgetreden, lijkt veelbelovend voor ontstaan waardevolle broekbossen; ook bij Wollinghuizen aan de *Ruiten Aa* (7) kleinschalige spontane broekbosontwikkeling.

Aanvullingen overig Drenthe

(binnen waterschappen Reest & Wieden en Velt & Vecht):

- In waterbergingsgebied ten noorden van Hoogeveen aan Oude Diep ontstaan nu broekbossen op (regelmatig?) overstroomde plekken;

- Langs de Elper Stroom mogen zich in de Oosterma en Stroetma nieuwe broekbossen ontwikkelen; hier zal wel af en toe overstroming plaatsvinden, maar dan met zeer lokaal water, geen echte overstroming met beekwater;
- ook bij de Geester Stroom wordt gedacht aan broekbosontwikkeling in waterbergingsgebied, maar waarschijnlijk gaat het in broekboslocaties om vernatting en niet om overstroming met beekwater;
- Langs de bovenloop van Reest liggen aantal broekbosjes (Schrapveen, de Tippe) en worden ook nieuwe broekbosjes ontwikkeld/toegelaten, plekken worden nu niet overstroomd maar zou in toekomst wel kunnen gebeuren bij beekherstel in kader project 'Water op Maat'.
- In benedenloop Peizer Diep en omgeving Leekstermeer groot waterbergingsgebied (De Onlanden), hier wordt echter gestreefd naar open houden gebied; bestaand broekbos ten noorden van Leekstermeer (Lettelberter Petten) is opgenomen in noodberging (overstroming 1 x 100 jaar).



Figuur B8-1: Overzicht broekboslocaties genoemd in tekst.

Bijlage 9

Verslag inventarisatie Regge & Dinkel

Verslag interview Herstel Broekbossen met Rob van Dongen (waterschap Regge & Dinkel), 18 oktober 2011.

Samenvatting

Er zijn slechts kleine stukjes elzenbroekbos die als gevolg van waterberging regelmatig overstromen met beekwater. In de waterbergingsgebieden is bosontwikkeling meestal geen doel: in stedelijke bergingsgebieden wordt meestal gestreefd naar een combinatie van waterpartijen (vijvers) en moeras, in grootschaliger bergingsgebieden (Doorbraak, Reggedal) wordt gestreefd naar 'procesnatuur' met begrazing. In (nog niet in gebruik genomen) deel van de Doorbraak bij Mokkalengoor (9) en in retentiegebiedje langs Mosbeek (1) vindt spontane broekbosontwikkeling plaats door elzenopslag. In de Overtoom ten ZW van Rijssen wordt gestreefd naar broekbosontwikkeling in combinatie met vernatting en natuurontwikkeling (geen retentie). Binnen het waterschap zijn er een aantal broekbosgebieden die zich zouden lenen voor experimenteel onderzoek naar effecten overstroming (4 t/m 7).

Locaties

- 1 *Retentiegebied(je) Steggink* aan benedenloop Mosbeek; spontane broekbosontwikkeling/elzenopslag door achterwege blijven van beheer in retentiegebiedje dat in 2003/2004 is afgegraven waarbij vrijgekomen aarde is gebruikt voor aanleg wal; vanwege ontbreken van kwel en in zomer diep wegzakkende grondwaterstanden zijn verwachtingen niet hoog gespannen.
- 2 *Retentiegebiedje Polbeek* in omgeving Reutum: eind van de jaren 90 aangelegd, in zuidelijke natste deel dat niet wordt gemaaid heeft zich broekbosje ontwikkeld, er wordt niet gemonitord dus kwaliteit is niet bekend.
- 3 *Retentiegebiedje in Elsbeek* ten noorden van Glanerbrug: klein retentiegebiedje aan samenvloeiing van drie bovenloopjes, met zeer dynamisch karakter (meer zandvang dan waterbergingsgebied). Ook hier is broekbosje ontstaan, samenstelling en floristische kwaliteit onbekend.
- 4 *Retentiegebiedje aan de Kombeek* in Singraven: In dit landgoed liggen aantal redelijk ontwikkeld broekbossen, waarover meer bekend is uit onder meer OBN onderzoek Voelebroek door Camiel Aggenbach en André Jansen. Aan de Kombeek is een klein retentiegebiedje gepland in bestaand bos, dat mogelijk geschikt is voor experimenteel onderzoek naar effecten overstroming. Er vindt geen grootschalige overstroming plaats, omdat het ligt aan deel van de Dinkel noordelijk van het omleidingskanaal.
- 5 *Dinkeldal*: In het Dinkeldal liggen diverse broekbosjes die jaarlijks, vaak meerdere malen overstromen. Kwaliteit van de gebiedjes is bij Rob onbekend maar er zijn in ieder geval wel oude beschrijvingen en ook waterstanden zijn langjarig gemeten.
- 6 *Retentiegebiedje langs Hegebeek* aan toegangsweg Witte Veen: Hegebeek kent vrij grote (en grillige afvoer) vanuit achterliggende Duitse gebied; langs Hegeveldweg is in 2006/2007 retentiegebiedje aangelegd (afgegraven); aangrenzende verdroogde elzen/eikenbosje is vernat en

stroomt nu ook regelmatig onder water met beekwater. Beheerder is positief over ontwikkeling. In graslandgebied benedenstrooms doet Merel Soons van UU onderzoek naar aanvoer van planten met overstromingswater.

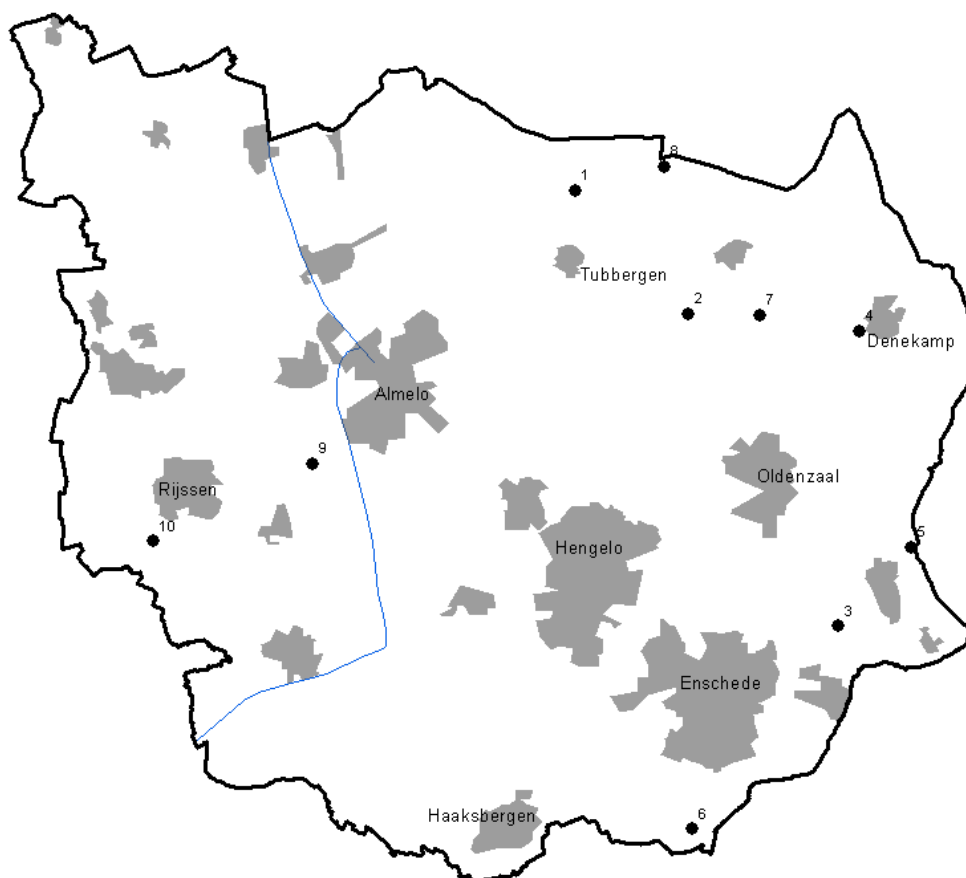
7 *Voltherbroek/Agelerbroek*: Hier komen lokaal goed ontwikkelde broekbossen voor. Langs de *Peeingsbeek* (km 258.684-488.449) ligt een in 2002/2003 aangelegd inundatiegebiedje. Was verdroogd elzenbroekbos, inundeert nu regelmatig. Ontwikkelt zich volgens Rob positief. Omdat er hier zowel verdroogde als niet verdroogde broekbossen liggen zijn hier wellicht goede mogelijkheden voor experimenteel onderzoek naar overstroming. De goede broekbosgedeeltes zijn door oppompen van water uit Roelingsbeek en kanaal Alemelo-Nordhorn makkelijk te bevoeien. Probleem is wel status als Natura 2000 gebied.

8 *Bovenloop Mosbeek* bij Maatmansweg; hier is beek aan maaiveld gelegd waardoor aanwezig broekbos spectaculair is hersteld

9 *Retentiegebiedje bij Mokkelengoor*: als onderdeel van nog niet in gebruik genomen deel van De Doorbraak is hier retentiegebiedje ingericht waar spontane broekbosontwikkeling plaats vindt door elzenopslag.

10 *Overtoom ten zuidwesten van Rijssen*: gebied tussen Sallandse Heuvelrug en stuwwal De Borkeld; in te vernatten natuurontwikkelingsgebied wordt onder meer gestreefd naar broekbosontwikkeling.

Langs de benedenloop van de Regge liggen bij de Steile Oever kleine stukjes broekbos die voor zover Rob weet niet overstroomt. Of broekbos langs de Saasvelder Beek bij Saasveld regelmatig overstroomt weet Rob niet, is populierenbos met ondergroei van brandnetel.



Figuur B9-1. Overzicht broekboslocaties genoemd in tekst.

Bijlage 10

Inventarisatie Peel en Maasvallei

Interview Fons Smolders en Esther Lucassen met Jos Hoogvelt op 14-12-2011

Achtergrond

In Limburg heeft relatief vroeg intensivering van de landbouw plaatsgevonden. Delen die hiervoor niet geschikt waren werden aan hun lot overgelaten en hebben zich vaak tot broekbos ontwikkeld. Dit bv. in tegenstelling tot Drenthe waar een oud cultuurlandschap behouden is en waar bijna geen broekbossen tot ontwikkeling gekomen zijn.

Tranchot kaarten uit 1848 laten zien dat de huidige broekbossen in 1848 graslanden waren. Er is in het verleden dus al sprake geweest van ontwikkeling van broekbossen op voormalige cultuurgronden. Echter, in die tijd was de atmosferische N depositie lager, was er geen bemesting en was het veel natter dan tegenwoordig het geval is.

De morfologie van het Maasterras zorgt ervoor dat benedenlopen en de grootste stroomsnelheid hebben. Hierdoor worden de benedenlopen diep uitgesneden hetgeen drainerend werkt op de omgeving. Hierdoor vindt broekbosontwikkeling in Limburg, in tegenstelling tot andere delen van Nederland waaronder Drenthe, met name plaats in de boven en middenlopen. Door toegenomen ontginningen ten gunste van de landbouw zijn de piekafvoeren van water versterkt en zijn overstromingen waarschijnlijk toegenomen. Een groot deel van de beken werd gegraven voor de landbouw. Opstuwen van water door watermolens heeft waarschijnlijk bijgedragen aan het ontstaan van broekbossen. Rond Weert vonden vanaf de tweede helft van de 19e eeuw meer overstromingen plaats, en daarom zijn de waterschappen opgericht in "Hoog-Nederland".

1. *Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die nu al regelmatig overstromen met beekwater, en wat is er bekend van karakteristieken als frequentie, tijdstip, hydrologie en aanwezigheid van kwel, vegetatieontwikkeling, grootte van het gebied?*

Er is een beperkt aantal locaties waar regelmatig overstroming plaats. Hoogwater in de Maas is vaak direct of indirect een oorzaak. Direct wanneer het broekbos in het Maasdal ligt (locaties 3,7,8,9), indirect wanneer het water in de beek opstuwt door hoog water in de Maas (locaties 2 en 4). De vegetatie in de kwelkernen van de overstroomde broekbossen is doorgaans nog redelijk, maar i.h.a. is verruiging met brandnetel aanwezig.

2. *Zijn er plannen voor waterberging of wordt er gewerkt aan uitvoering van projecten die zullen leiden tot overstroming van broekbossen?*

Nee, in de hooggelegen delen van Nederland is er weinig overlast van overstroming (enkel tijdens een hoogwaterpiek van de Maas) omdat het water

snel afgevoerd kan worden naar de Maas met uitzondering van piekafvoeren. Dit waarschijnlijk in tegenstelling tot laaggelegen delen van het land, waaronder benedenlopen in Brabant. Met EU geld is in de Tungelroysebeek de mogelijkheid voor waterberging onderzocht. De conclusie was dat waterberging niet bijdraagt aan het terugdringen van piekafvoeren van de Maas. Overstromingen zijn zelfs zeldzamer geworden door de doorgaans verder geoptimaliseerde ontwatering van gebieden.

3. *Voor zover relevant: Hoe wordt bij opstellen van plannen voor waterberging omgegaan met mogelijke effecten op broekbossen?*

Niet van toepassing.

4. *Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die zijn ontstaan op voormalige landbouwgronden, en zo ja wat is de hydrologische situatie (grondwaterstand, kwel), wat is de bodemopbouw, wat is de voedselrijkdom van de bodem (wel of niet afgegraven), is er iets bekend over de vegetatieontwikkeling)?*

Er is bij hermeandering van beken regelmatig ontwikkeling van "winterbed-broekbos". Dit ontwikkelt zich dus per definitie op afgegraven landbouwgrond. Het staat onder invloed van kwel en overstroomt regelmatig. Bij het weer meanderend maken van beken zijn twee-fasen profielen aanwezig. Er wordt eerst een mini beekdal gegraven (het zomerbed) en daarna een hoger gelegen strook erlangs (het winterbed) dat een functie heeft bij hogere afvoeren. Op het winterbed vindt vaak bosontwikkeling plaats m.n. wilgen en elzen. De ondergroei is meestal brandnetel maar ook dotterbloem en waterviolier kunnen voorkomen. Brandnetel groeit, ondanks dat er waarschijnlijk voldoende voedselrijke bodem is afgegraven, wellicht door slibafzetting of doordat het beekwater nitraatrijk is. Voorbeelden van winterbedbroekbos zijn te vinden bij Sevenum en Horst (locaties 10 en 11)

Op verschillende locaties zijn *ruilverkavelingsbossen* ontwikkeld op uit gebruik genomen graslanden zonder dat bodem is afgegraven. Deze zijn door het niet meer onderhouden van drainagesloten natter geworden. Deze bosjes zijn bijvoorbeeld aanwezig in het Dubbroek (12), de Roeventerpeel en het Kaldenbroek (11). In het Dubbroek (groot gebied !) en het Kaldenbroek zijn bomen aangeplant, terwijl in het Kaldenbroek sinds 1975 spontaan elzenbroek ontwikkeld heeft. De ondergroei bestaat met name uit brandnetel.

In het Koelbroek (5) zijn in 1995 akkers verlaten die benedenstrooms van een aangelegde bever-dam lagen. Door de vernatting trad lokaal kwel uit op de akkers (kaal substraat!) en ontwikkelde zich spontaan Zwarte els en enkele zeggensoorten. De zaadbronnen zijn in de buurt en er is geen directe inundatie van beekwater. Hoe zich dit ontwikkelt is interessant.

5. *Zijn er plannen voor, of wordt er gewerkt aan, de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden?*

Er zijn geen grote plannen bekend voor broekbosontwikkeling (wel als restpost).

6. *Worden in gebieden waar broekbossen voorkomen of mogelijk in de toekomst zullen worden ontwikkeld (grond)waterkwaliteitsmetingen gedaan.*

Het grondwatermeetnet is een taak van de provincie. In sommige belangrijke natuurgebieden kan het provinciale grondwaternet wat uitgebreider zijn.

Informatie over dit netwerk staat in DINO. Meestal is het grondwaternet in natuurgebieden in handen van natuurbeheerders zelf. Vaak is in een beperkt deel van de genoemde gebieden nog kwel hetgeen ook te zien is aan de vegetatie. Deze informatie staat ook in de Verdrogingatlas Eco-hydrologische atlas voor Limburg. Hierdoor is er een goed beeld van de hydrologie en het voorkomen van vegetaties (m.n. op de kwelplekken).

Locaties

1 *Leudal*

Overstroming van 3 kleine broekbossen door de Tengelroysebeek. In het gebied stroomt ook de Roggelsebeek maar deze overstroomt niet. De frequentie van overstroming is niet bekend maar bij benadering minimaal eens per tien jaar. Ten behoeve van ander onderzoek dat plaatsvond in dit gebied naar de effecten van overstroming op graslanden (Jos Hoogveld) viel het niet mee om geschikte objecten te vinden.

Leudal Oost: 51°15'16.75"N / 5°58'10.31"O

Roggel: 51°15'14.51"N / 5°55'55.10"O

Leudal West: 51°14'34.96"N / 5°55'36.17"O

2 *Swalmdal*

Dichtbij de Maas is de erosiekracht groot waardoor canyon-vorming optreedt in de rivier de Swalm. Dit deel van het Swalmdal is voor de landbouw niet interessant. Er zijn enkele bronnetjes aanwezig in dit deel van het gebied maar de oppervlakte aan broekbos is beperkt door sterke ontwatering richting de diep ingesneden Swalm. Er vindt op een door Jos gemarkeerde locatie beperkte inundatie plaats, waarvan de exacte frequentie onbekend is. Overstroming vindt hier met name plaats tijdens hoge waterstanden van de Maas. Regenwater kan dan in verminderde mate worden afgevoerd waardoor inundatie met "beekwater" optreedt. Dit zal echter in deze situatie in sterkere mate het karakter van regenwater aannemen. Jos vermoedt daarom dat inundatie met beekwater wel een positief effect kan hebben op verdroogde broekbossen in relatie tot het afzetten van slib maar minder wat betreft de waterkwaliteit.

Benedenloop Swalmdal: 51°14'07.59"N / 6°01'24.67"O

3 *Vuilbemden*

Regelmatige overstroming van een Populierenbos met Maaswater

4 *Geldersch Nierskanaal*

De situatie hier lijkt op die van het Swalmdal. In oude meanders komen kleine zones met elzenbroek voor die niet jaarlijks overstroomd. Dit treedt enkel op bij hoog Maaswater waardoor het water binnen het gebied wordt opgestuwd.

Geldersch Nierskanaal: 51°30'26.37"N / 6°10'24.43"O

5 *Koelbroek*

In oude Maasmeanders (o.a. Kaldenbroek, Beeselsbroek en het Broekhuizerschuitewater) speelt inundatie met beekwater geen rol. De beken in deze gebieden voeren vooral water af (piekafvoeren). Het Koelbroek vormt hierop een uitzondering en inundeert permanent met water uit de Everloschebeek door de aanwezigheid van een bever (dam). Voor deze periode trad inundatie met name op door een te hoog ingesteld stuwpeil in de beek.

Koelbroek "beverbos": 51°23'00.76"N / 6°06'59.87"O

6 *Bovenloop van de Grote Molenbeek*

In de bovenloop vindt op relatief grote oppervlakte inundatie vanuit de beek plaats. De exacte frequentie is onbekend, echter dit gebied overstroomt wel het meest frequent bij benadering ééns in de paar jaar en met name wanneer de stand van het Maaswater hoog is. De beek is hier meanderend gemaakt en stroomt bij hoogwater over het maaiveld naar het aangrenzende beekdal van de Elsbeek.

Bovenloop Groote Molenbeek: 51°23'06.90"N / 6°01'21.80"O

Maasdal

In het Maasdal zijn enkele gebieden aanwezig die bij piekafvoeren van de Maas overstroomd worden. Er zijn nog enkele snippers verdroogd elzenbroek aanwezig die sporadisch overstroomd worden (niet jaarlijks) waaronder het Heuloërbroek gelegen bij de oorsprong van de Heukelomsebeek en enkele broekbosjes rond Lottum. Door verhoging van de dijken sinds de watersnood in 1995 stromen delen van het Maasdal niet meer over. Bij Tienray zijn er wel plannen om de dijk OMA (oude maasarm Ooyen) juist weer weg te halen om meer waterberging mogelijk te maken. Hier is dan wel weer overstrooming met Maaswater mogelijk. Hier liggen enkele snippers met Populieren en redelijk elzenbroek. Rijkswaterstaat wil echter stukken bos juist weghalen om de doorstroming te verbeteren.

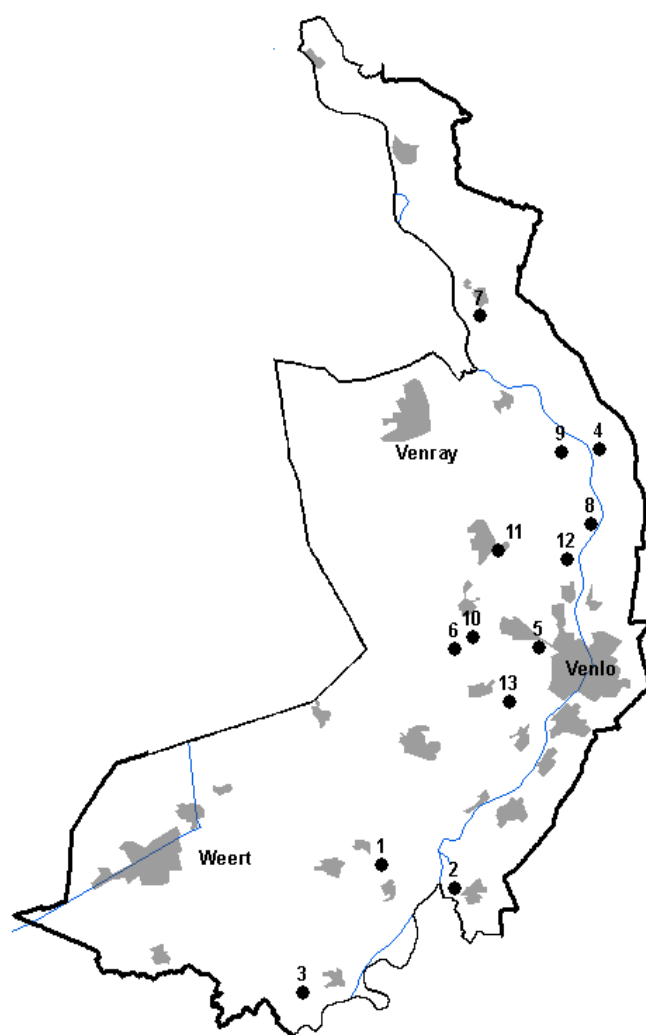
7 Maasdal Heuloërbroek:	51°35'38.69"N / 6°03'04.53"O en 51°35'13.36"N / 6°03'34.79"O
8 Maasdal Lottum:	51°28'11.54"N / 6°10'06.68"O en 51°27'09.43"N / 6°09'28.46"O
9 Maasdal Tienray (OMA):	51°30'23.50"N / 6°08'02.66"O en 51°31'08.36"N / 6°06'25.04"O

Winterbed-broekbossen:

10 winterbed-broekbos in de Elsbeemden	51°23'31.60"N / 6°02'17.20"O
11 winterbedbroekbos bij Horst	51°26'44.99"N / 6°04'11.03"O

Ruilverkavelings-broekbossen

12 Kaldenbroek ruilverkavelingsbos:	51°26'20.01"N / 6°08'23.64"O
13 Dubbroek ruilverkavelingsbos:	51°20'56.39"N / 6°04'53.97"O



Figuur B10-1: Overzicht broekboslocaties Peel- en Maasvallei



Figuur B10-2: Beverdam met bypass in het Koelbroek (locatie 5). Foto: Esther Lucassen.

Bijlage 11

Inventarisatie Rijn en IJssel

Interview Fons Smolders en Esther Lucassen met Rutger Engelbertink op 22-2-2012

Achtergrond

Het waterschap wil water bergen vanwege veiligheid. Elzenbroekbos-ontwikkeling is hierbij gewild omdat het weinig kosten met zich meebrengt in tegenstelling tot de doorgaans gewenste handhaving van een open landschap. Sinds de verbeteringswerken in de jaren 1940-1960 komen er in het beheergebied weinig broekbossen voor die overstromen. Er vinden tegenwoordig zo nu en dan overstroming plaats in het gebieden met waterberging, in herinrichtingsprojecten waar maaiveldverlaging is opgetreden en op locaties waar anti-verdrogingsmaatregelen zijn uitgevoerd (vasthouden regenwater). In tegenstelling tot bijvoorbeeld Limburg, is dit gebied erg vlak waardoor omgevallen bomen en beveractiviteiten ook snel tot lokale overstroming en elzenopslag kunnen leiden. De bever is benedenstrooms in de IJssel aanwezig maar heeft tot op heden nog niet tot dit soort problemen geleid.

1 Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die nu al regelmatig overstromen met beekwater, en wat is er bekend van karakteristieken als frequentie, tijdstip, hydrologie en aanwezigheid van kwel, vegetatieontwikkeling, grootte van het gebied?

De volgende gebieden overstromen bewust en/of "van nature":

De Lankheet

Lankheet was oorspronkelijk een overstromingsbos bestaande uit een broekbosmoeras met in de laagte een afvoerend beekje. In 2010 is het voor 2/3 dagen onder water gezet uit nood in het kader van waterberging. Er zijn nog boerenbedrijven in het gebied aanwezig die hiervoor geld willen zien. Er vindt ook experimenteel onderzoek plaats naar overstroming.

Het Schipbeekgebied

Ter hoogte van Deventer (tussen snelweg en industrieterrein) staan bij hoogwater in de IJssel de uiterwaarden jaarlijks onder water. Hier heeft zich ooibos ontwikkeld met delen Populierenbos en snippers Elzenbroekbos. In Slangenburg (boven het Twentekanaal) zijn anti-verdrogingsmaatregelen genomen die zich m.n. hebben geuit in het vasthouden van regenwater in rabatten.

Het gebied van de rivier de Berkel

- Ter hoogte van Lochem inundeert regelmatig een elzenbroek van de gemeente
- Landgoed Dorth

Het gebied van de Slinge

Bekendelle bij Winterswijk is een moerasbos waar oude rivierarmen liggen. Hier vinden waarschijnlijk wat frequenter overstromingen plaats.

De mooiste bossen liggen in Landgoed Hakvoort, Lankheet, Lochem (Berkel) en Landgoed Dort. Over het algemeen is kwel afgenomen door drainage via de aanleg van rabattensystemen. Tegenwoordig wordt er meer regenwater vastgehouden. In de Lankheet is nog wel aanzienlijke kweldruk aanwezig, in de overige landgoederen is dit minder het geval. In de Achterhoek komen waarschijnlijk relatief vaker overstromingen voor, aangezien dit gebied vroeger een moeras was met laagten. Het huidige doel is hoofdzakelijk water afvoeren. De meeste beken zijn daarom rechtgetrokken en kades zijn opgericht en eventueel verhoogd. Rutger heeft weinig ervaring m.b.t. de vegetatieontwikkeling.

2 Zijn er plannen voor waterberging of wordt er gewerkt aan uitvoering van projecten die zullen leiden tot overstroming van broekbossen?

Het waterschap wil in principe de mogelijkheid hebben water te bergen uit veiligheidsoogpunt. Er zijn gebieden beschikbaar maar hier wordt pas in een latere fase pas over besloten.

3 Voor zover relevant: Hoe wordt bij opstellen van plannen voor waterberging omgegaan met mogelijke effecten op broekbossen?

(Nog) niet van toepassing.

4 Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die zijn ontstaan op voormalige landbouwgronden, en zo ja wat is de hydrologische situatie (grondwaterstand, kwel), wat is de bodemopbouw, wat is de voedselrijkdom van de bodem (wel of niet afgegraven), is er iets bekend over de vegetatieontwikkeling)?

In het kader van herinrichtingsprojecten (in combinatie met afgraven) o.a. m.b.t. ontwikkeling van natuurvriendelijke oevers.

- Langs de rivier de Slinge liggen herinrichtingzones waar een deel van de bodem afgegraven en waar door de maaiveldverlaging de invloed van grondwater is toegenomen. Hier vindt doorgaans snel spontaan elzenopslag plaats. Het doel is een open landschap maar de vraag is of het open blijft.
- De Zoddebeek is heringericht (verontdiept en versmald) in landbouwkundig gebied. Middels afgraven zijn grote delen aan natuurvriendelijke oever ontwikkeld die na 5/6 jaar aan het dichtgroeien zijn met elzen en wilgen. Dit geldt ook voor aangrenzende terreintjes en poelen. Er zijn door het Waterschap ook delen getypeerd als elzenbroek maar uiteindelijk bepaald de terreinbeheerder het natuurstype (vaak open landschap gewenst).
- Langs de Berkel vindt opslag van elzen plaats op natuurvriendelijke oevers maar minder op de percelen.
- Langs de Groenlose Slinge is een overstromingsvlakte richting Beekvliet waar opslag van elzen optreedt.
- Bovenin de Buursebeek (t.h.v. Duivenweg) vindt ontwikkeling van elzen plaats. Het is onbekend wat Natuurmonumenten aan deze ontwikkeling gaat doen (open of dicht laten groeien).
- De Oude Schipbeek (ter hoogte van de Boterbeek nabij de museumboerderij de Pothaar) is enkele jaren geleden heringericht en benedenstrooms hiervan vindt opslag van elzen plaats.

Inrichting van houtwalbeekontwikkeling heeft 6/10 jaar geleden plaatsgevonden waarbij op veel plekken aan de zuidkant Elzen zijn aangeplant door de toenmalige beheerder. Door één zijde open te houden kan toch onderhoud aan de beek plaatsvinden. Er zijn ook elzensingels langs kleinere watergangen aanwezig.

Er zijn geen voorbeelden van broekbossen ontstaan op landbouwgrond zonder afgraven van de bodem toplaag. Dit zou in principe wel moeten kunnen afhankelijk van het effect van hoge P gehalten in de bodem toplaag.

Er heeft weinig tot geen monitoring van de vegetatie plaatsgevonden.

5 Zijn er plannen voor, of wordt er gewerkt aan, de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden?

Er zijn nog geen concrete plannen maar e.e.a. zal wel ter sprake gaan komen want het open houden van het landschap vergt onderhoud en is daarmee erg kostbaar.

6 Worden in gebieden waar broekbossen voorkomen of mogelijk in de toekomst zullen worden ontwikkeld (grond)waterkwaliteitsmetingen gedaan.

Het waterschap beheert het oppervlaktewater. Grondwatermeetnet is onbekend, info wellicht bij John Lenssen van het waterschap.

Bijlage 12

Inventarisatie Waterschap Veluwe

Interview Peter van Beers Waterschap Veluwe op 18 april 2012 door Esther Lucassen

1. *Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die nu al regelmatig overstromen met beekwater, en wat is er bekend van karakteristieken als frequentie, tijdstip, hydrologie en aanwezigheid van kwel, vegetatieontwikkeling, grootte van het gebied?*

Ja, in het stroomgebied van de Hierdense Beek liggen stukken (broek)bos die inunderen bij hoge waterstanden. Ook bij de Veldbeek ligt een (broek)bos, waar oppervlaktewater kan instromen bij hoog water. Daarnaast zijn er in ons werkgebied een aantal retenties langs kleine beken ingericht (o.a. nabij Epe en Beekbergen), waar inmiddels broekbos is ontstaan, en die ook inunderen bij piekafvoeren. Op een aantal van bovengenoemde locaties is inderdaad sprake van kwel. Over de tijdstippen, frequenties en hydrologie van deze locaties is mij niets bekend. Mogelijk is deze informatie deels wel via collega's te achterhalen. De vegetatie-ontwikkeling is voor zover ik weet niet gemonitord door ons.

2. *Zijn er plannen voor waterberging of wordt er gewerkt aan uitvoering van projecten die zullen leiden tot overstroming van broekbossen?*

Ja, er wordt nu gekeken naar de mogelijkheden voor waterberging in een (broek)bos in het Veldbeekgebied. Ook in het Hierdense Beekgebied wordt gekeken of er nieuwe inundatiezones in te richten zijn. Delen hiervan zijn op dit moment bevestigd.

3. *Voor zover relevant: Hoe wordt bij opstellen van plannen voor waterberging omgegaan met mogelijke effecten op broekbossen?*

Op de genoemde locatie in het Veldbeekgebied vindt op dit moment onderzoek plaats naar de huidige natuurwaarden en de mogelijke effecten daarop van herinrichting voor waterberging. Ook in het Hierdense Beekgebied worden de huidige natuurwaarden nu onderzocht.

4. *Komen binnen het beheergebied broekbossen voor die zijn ontstaan op voormalige landbouwgronden, en zo ja wat is de hydrologische situatie (grondwaterstand, kwel), wat is de bodemopbouw, wat is de voedselrijkdom van de bodem (wel of niet afgegraven), is er iets bekend over de vegetatieontwikkeling?*

Ja, een aantal van de bovengenoemde retentiebosjes langs beken zijn ingericht op voormalige landbouwgrond. Meestal is heeft bij de inrichting afgraving/maaiveldverlaging plaatsgevonden. Daarnaast wordt er in het

Vossenbroek broekbos ontwikkeld op voormalige landbouwgrond, waarbij de verrijkte toplagen zijn afgegraven (zie ook onderzoek B-ware).

Over de vegetatie-ontwikkeling zijn mij helaas geen gegevens bekend.

5. *Zijn er plannen voor, of wordt er gewerkt aan, de ontwikkeling van broekbossen op voormalige landbouwgronden?*

In verschillende TOP-gebieden in ons werkgebied is broekbosontwikkeling een van de doelen; echter door de financiële onzekerheden is het onduidelijk of deze projecten door zullen gaan.

6. *Worden in gebieden waar broekbossen voorkomen of mogelijk in de toekomst zullen worden ontwikkeld (grond)waterkwaliteitsmetingen gedaan.*

Voor zover mij bekend niet systematisch. Misschien zijn er wel ad hoc meetgegevens beschikbaar in onze database, vermoedelijk meer van oppervlaktewater dan van grondwater. Op dit moment wordt een grondwatermeetnet ingericht in de TOP-gebieden, waarbij ook nieuwe peilbuizen worden geplaatst bij broekboslocaties.